

PROTEINBEDARFSSTUDIE AN ZWEI
KRALLENAFFENSPEZIES MIT EINER
HALBSYNTHETISCHEN DIÄT

Renate Schoen

—
1982
—





Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554007_0098

Aus dem Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und
Ernährungsphysiologie der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Geschäftsführender Vorstand: Prof.Dr. H. Zucker

und dem

Max von Pettenkofer-Institut für Hygiene und Medizinische
Mikrobiologie der Universität München

Vorstand: Prof.Dr. F. Deinhardt

Angefertigt unter Leitung von Prof.Dr. H. Zucker

PROTEINBEDARFSSTUDIE AN ZWEI KRALLENAFFENSPEZIES
=====

MIT EINER HALBSYNTHETISCHEN DIÄT
=====

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität
München

von
RENATE SCHOEN

aus
München

München, 1982

Gedruckt mit Genehmigung der Tierärztlichen Fakultät
der Universität München

Dekan: Prof. Dr. G. Terplan

Referent: Prof. Dr. H. Zucker

Korreferent: Prof. Dr. Dr. habil. R. Hoffmann

Tag der Promotion: 30. Juli 1982



Meinen Eltern
in Dankbarkeit gewidmet

I N H A L T S Ü B E R S I C H T

=====

	Seite
1. Einleitung und Problemstellung	1
2. Literaturübersicht	4
2.1 Zum Begriff "halbsynthetische Diät"	4
2.2 Bedeutung und Aufgaben von Nahrungsprotein	7
2.3 Proteinbedarf des Menschen	10
2.4 Proteinbedarf nicht-menschlicher Primaten	13
2.5 Proteinbedarf anderer Monogastrier	16
2.6 Vitamin- und Spurenelementbedarf bei Neuweltaffen	18
3. Eigene Untersuchungen	21
3.1 Versuchsbeschreibung	21
3.1.1 Versuchstiere und Haltungsbedingungen	21
3.1.2 Versuchsplanung und Versuchsdurchführung	23
3.1.3 Zusammensetzung der Versuchsdieten	26
3.1.4 Herstellung des Futters	33
3.1.5 Futter- und Kotanalysen	35
3.1.6 Statistik	37
3.2 Versuchsergebnisse	38
3.2.1 Verdaulichkeitsuntersuchungen	38
3.2.2 Verzehr	40
3.2.3 Gewichtsentwicklungen	44
a) Erwachsene und Adoleszente	
b) Jungtiere	

	Seite
3.2.4 Blutanalysen	52
3.2.5 Reproduktionsgeschehen	60
3.2.6 Krankheits- und Todesfälle	63
3.2.7 Kotbeschaffenheit und Kotuntersuchungen	67
4. Diskussion	69
5. Schlußfolgerungen	79
6. Zusammenfassung	80
Summary	
7. Literaturverzeichnis	84

1: EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG =====

Krallenaffen (Callithricidae) haben ihre Heimat in den tropischen Regenwäldern Südamerikas. Sie gehören zu den Neuweltaffen, die wegen ihrer breiten Nasenscheidewand auch Breitnasen genannt werden. Außer den Krallenaffen zählen zu dieser Primaten-Unterordnung noch bekannte Vertreter wie Totenkopf-, Kapuziner-, Brüll- und Klammeraffe. Bis auf eine Gattung, den Nachtaffen, sind alle Neuweltaffen tagaktive Tiere. Die Callithricidae sind Baumbewohner und sehr gute Kletterer. Es sind kleine Tiere mit einem Körpergewicht bis zu 600 Gramm. Nach der unterschiedlichen Dentation werden die Krallenaffen in Marmosets und Tamarins eingeteilt (HERSHKOVITZ, 1977). Ihre Nahrung ist sehr vielseitig. Sie besteht aus Früchten, Blüten, Blättern, Nüssen, Samen, Vogeleiern, Insekten und kleinen Wirbeltieren (NAPIER und NAPIER, 1967; KINGSTON, 1969; THORINGTON, 1970).

Nicht-menschliche Primaten stellen aufgrund ihrer stammesgeschichtlich engen Verwandtschaft mit dem Menschen für diesen vielfach ein weit besseres Versuchsmodell dar als andere Labortiere. Einige Krallenaffenarten haben wegen ihrer relativ einfachen Haltung, ihrer geringen Körpergröße und ihrer schnellen Reproduktionsfolge in den letzten Jahren als Versuchstiere immer größere Bedeutung gewonnen.

Um zu gültigen, unverfälschten Versuchsergebnissen zu gelangen, müssen gesundheitsschädigende Umwelteinflüsse auf die Tiere ausgeschaltet und die Haltungsbedingungen standardisiert werden. Eine bedarfsgerechte Ernährung ist hierbei eine der wichtigsten Forderungen. Das Futter muß die physische und psychische Gesundheit der Tiere einschließlich Reproduktionsfähigkeit und guter Kondition gewährleisten. Eine Alleindiät von definierter Zusammensetzung ermöglicht am besten eine kontrollierbare und zuverlässige Ernährung.

Über die Bedarfswerte von Krallenaffen liegen bis jetzt kaum Daten vor. In vielen Haltungen wird ein kommerzielles Futter verwendet, dessen Zusammensetzung von den Firmen nicht angegeben wird, und das außer durch Obst noch durch andere Beifütterungen z.B. Eier, Mehlwürmer, aber auch Katzenfutter ergänzt wird. Von einer standardisierten oder definierten Diät kann hier nicht gesprochen werden. Durch Bevorzugung bestimmter Futtermittelsorten durch die Tiere besteht die Gefahr einer einseitigen Ernährung.

Als besonders kritisch bei Krallenaffen gilt der Proteinbedarf. Untersuchungen von AUSMAN et al. (1979) an einem anderen Neuwelt-Kleinprimaten weisen sogar auf Besonderheiten im Proteinstoffwechsel hin, die einen höheren Proteinbedarf nahelegen. In der vorliegenden Arbeit sollte deshalb untersucht werden, welche Auswirkungen eine Proteinversorgung hat, die sehr we-

sentlich unter den üblicherweise empfohlenen und als bewährt geltenden Proteinkonzentrationen von 20 bis 25 Prozent in der Trockensubstanz liegt. Hierfür war gleichzeitig die Entwicklung einer halbsynthetischen Diät vorgesehen, um zu gewährleisten, daß das Futter genau reproduzierbar war. Außerdem war es nötig, einen biologisch möglichst hochwertigen Eiweißstoff als Proteinquelle zu wählen, um den Anteil der für den Körper nicht nutzbaren Aminosäuren so gering wie möglich zu halten.

Der Versuch wurde als Langzeitstudie über acht Monate an über 100 Tieren durchgeführt.

2. LITERATURÜBERSICHT =====

2.1 Zum Begriff "halbsynthetische Diät"

Die verschiedenen Möglichkeiten der Nährstoffverabreichung werden nach HARRIS (1970) in vier Kategorien eingeteilt:

1. Natürliche Nahrungsmittel, die getrennt voneinander gefüttert werden;
2. Mischungen, die aus weitgehend natürlichen Futterstoffen hergestellt werden ("natural ingredient diet");
3. halbsynthetische Diäten, die aus gereinigten Komponenten bestehen ("semipurified diets");
4. Diäten aus chemisch reinen Substanzen z.B. Aminosäuren, essentiellen Fettsäuren, Triglyceriden, Mono- und Disacchariden ("chemically defined diets").

NEWBERNE und HAYES (1979) unterscheiden nur drei Haupttypen; die oben unter 1. genannte fehlt bei ihnen.

Ernährungsstudien erfordern eine konstante Konzentration der Nährstoffe, leichte Austauschbarkeit der Komponenten und gute Verdaulichkeit des Futters. Halbsynthetische Diäten erfüllen diese Forderungen und sind deshalb für solche Untersuchungen oft unerlässlich. Da wegen ihrer Reinheit die Gefahr besteht, daß ein Spurenelement in ungenügender Menge vorliegt, wenn dieses als nicht

essentiell für die betreffende Spezies angesehen worden war (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1978), muß bei ihrer Zusammenstellung sehr sorgfältig vorgegangen werden.

Semipurified diets sind aus nur wenigen Komponenten zusammengesetzt. Die Nahrungsbestandteile Eiweiß, Kohlenhydrate, Fett und Rohfaser werden als einzelne gereinigte Substanzen eingemischt. Die üblichen Ingredienzien sind Kasein oder Lactalbumin, Zucker, Stärke, Dextrin, Pflanzenöle oder tierische Fette, Zellulose, Mineralstoff- und Vitaminvormischungen (NAVIA, 1970; NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1978). Dextrin, ein Polysaccharid, das bei der Zerlegung von Stärke unter Einwirkung von Fermenten, Hitze oder Säure entsteht, als einzige Kohlenhydratquelle zu verwenden, wird von den Autoren NEWBERNE und HAYES (1979) und AUSMAN und GALLINA (1979) abgelehnt, da durch eine geringere Schmackhaftigkeit der Diäten der Futterverzehr beeinträchtigt wird, und dadurch das Wachstum vermindert ist.

Halbsynthetische Diäten können als Pellets oder auf Agar-Gel-Grundlage hergestellt werden. Flüssige Formen werden zum Testen von Arzneimitteln oder anderen Komponenten oder zum Aufziehen von Jungtieren verwendet (AUSMAN und GALLINA, 1979). Durch den hohen Zuckeranteil in den semipurified diets ist die Osmolarität der Diäten hoch. Bei Jungtieren, die noch nicht selbständig trinken können,

muß daher auf eine ausreichende Wasserzufuhr geachtet werden, um eine hypertone Dehydratation zu vermeiden (AUSMAN und GALLINA, 1979).

Die erste vollständige Studie mit einer halbsynthetischen Diät an Affen wurde 1943 von WAISMAN et al. beschrieben. Die weitere Entwicklung dieser Ernährungsform wurde vor allem durch Arbeiten an Herzgefäßerkrankungen vorangetrieben (NEWBERNE und HAYES, 1979). Untersuchungen der Atherosklerose an Kapuziner- und Rhesusaffen, Pavianen und Marmosets führten MANN (1953), RINEHART und GREENBERG (1956), STRONG et al. (1967) und DREIZEN et al. (1973) durch.

Wegen der Reinheit von semipurified diets lassen sich Spurenelement-Mangelstudien gut durchführen. Zink- bzw. Selenmangel bei Totenkopffaffen untersuchten MACAPINLAC et al. (1967) und MUTH et al. (1971).

2.2 Bedeutung und Aufgaben von Nahrungsprotein

Im Gegensatz zu den Kohlenhydraten und Fetten haben Proteine (griech.: die Ersten) für den Organismus als plastische Elemente Bedeutung. Sie erfüllen im Körper neben strukturellen unter anderem auch enzymatische, hormonelle und immunologische Aufgaben.

Nach der Proteinverdauung und Aminosäurenresorption gelangen die Aminosäuren über die Pfortader in die Leber und den peripheren Blutkreislauf. Die Synthese von körpereigenem Eiweiß erfolgt dann in den Körperzellen an den Ribosomen. Dabei müssen alle für den Peptidaufbau benötigten Aminosäuren gleichzeitig und in der erforderlichen Menge in der Zelle vorhanden sein. Beim Fehlen einer essentiellen oder semiessentiellen Aminosäure kommt die Proteinsynthese zum Stillstand (ERBERSDOBLER, 1978). Mängel in der Zufuhr einzelner Aminosäuren können kurzfristig ausgeglichen werden, da der Organismus über einen ständig vorhandenen Bestand an freien Aminosäuren, den sogenannten Aminosäuren-Pool, verfügt.

Für eine adäquate Proteinversorgung ist also neben der Eiweißquantität auch die Aminosäurezusammensetzung und die Verdaulichkeit des Eiweißes entscheidend. Die Verdaulichkeit eines Proteins hängt von dem Aminosäurenmuster, deren Sequenz in der Peptidkette, ihrer räumlichen

Anordnung und dem Vorkommen von Quervernetzungen zwischen den funktionellen Gruppen ab (ERBERSDOBLER, 1973). Bei starker Erhitzung des Futters kommt es häufig zur sogenannten Maillard-Reaktion. Dabei entstehen zwischen Aminosäuren und Kohlenhydraten Bindungen, die enzymatisch nicht mehr spaltbar sind und deshalb die Aminosäurenverfügbarkeit beeinträchtigen. Besonders oft ist Lysin beteiligt, das nicht nur mit Glukose und Laktose, sondern auch mit anderen Aminosäuren Reaktionsprodukte bildet (ERBERSDOBLER, 1976; HOLSTEIN, 1979).

Wird dem Organismus mit der Nahrung Eiweiß im Überschuß angeboten, wurde für eine Reihe von Enzymen eine Erhöhung der Aktivität nachgewiesen. (HOCK und PÜSCHNER, 1966). Über eine Erhöhung der intestinalen Trypsinaktivität bei Ratten, die zuvor an eine proteinreiche Ernährung gewöhnt wurden, berichten ZUCKER et al. (1968). Es können sich jedoch nicht nur Enzyme dem Proteinangebot anpassen, sondern auch die Transportsysteme der Aminosäurenresorption. Eine adaptive Beschleunigung des aktiven, intestinalen Transportes von Aminosäuren bei eiweißreichen Diäten wurde von SCHARRER und ZUCKER (1967) nachgewiesen. Überschüssiges Eiweiß kann im Proteinstoffwechsel außer der Energiegewinnung keine nützliche Funktion mehr ausüben. Schädigungen treten bei der Ratte in Form von Nierenstörungen erst bei einem Eiweißanteil von über 50 % im Futter auf (NÖCKER und SCHULZ, 1966).

Bei ungenügender Proteinzufuhr kommt es zur Gewichts-
abnahme, Wachstumsstörungen, Infektionsanfälligkeit
durch verminderte Wanderungsgeschwindigkeit der Granulo-
zyten und zur Aktivitätsminderung einiger Fermentsysteme
(MITCHELL und BEADLES, 1952; VITERI et al., 1964; NÜCKER
und SCHULZ, 1966). Durch den verminderten kolloidosmotischen
Druck des Plasmas treten bei länger andauerndem Eiweiß-
mangel außerdem Ödeme auf. Nach SCRIMSHAW (1964) besteht
ein gewisser Antagonismus zwischen Proteinmangel und
dem Entstehen von Virus- und Protozoenerkrankungen, da
diese Erreger zu ihrer Vermehrung normale Enzymsysteme
und ausreichende Nährstoffmengen benötigen. Therapeutische
Folgerungen könnten daraus jedoch nicht gezogen werden.

2.3 Proteinbedarf des Menschen

Auch bei völlig eiweißfreier Kost scheidet der Körper Stickstoff über Harn, Kot und Haare aus, das absolute N-Minimum. Die Höhe dieser kleinstmöglichen N-Ausscheidung beträgt nach KOFRANYI (1980) beim Mann 37,35, bei der Frau 34,38 mg/kg KGW/Tag entsprechend 16,4 und 12,0 g Eiweiß/Tag. Die Größe der Harn-N-Ausscheidung gibt Auskunft über den endogenen Umsatz von Stickstoff und ist bei N-freier Ernährung proportional zum Grundumsatz. Auf eine ausreichende Kalorienzufuhr durch N-freie Substanzen muß daher bei der Bestimmung des absoluten N-Minimums geachtet werden, um den Abbau von Körperprotein zur Deckung des Energiebedarfes und eine dadurch bedingte Erhöhung der Harn-N-Ausscheidung zu vermeiden. HEGSTED (1964) gibt als N-Mindest-Bedarf 2 mg N/kcal des Grundumsatzes bei korrigierter biologischer Wertigkeit des Proteins an. Versuche an jungen Männern mit Eiprotein ergaben einen durchschnittlichen Mindesteiweißbedarf von 0,46 g Protein/kg KGW/Tag (YOUNG et al., 1973). In gleicher Höhe liegen auch die Daten von CALLOWAY und MARGEN (1971).

Da die tägliche Eiweißzufuhr außer der Erhaltung der Körpersubstanz auch volle Leistungsfähigkeit gewährleisten soll, liegen generelle Empfehlungen über den Proteinbedarf immer höher als der Mindesteiweißbedarf.

Außerdem müssen individuelle Unterschiede im Bedarf mit berücksichtigt werden (RAND et al., 1977). Das FAO/WHO Komitee (1973) gibt als Eiproteinbedarf für Erwachsene und Kinder mit Sicherheitszuschlag 0,57 g/kg KGW/Tag an. GARZA et al. (1976) und SCRIMSHAW (1976) halten diese Angabe für zu niedrig, da bei Ernährungsversuchen mit dieser Proteinmenge die Energiezufuhr um 10 % höher sein mußte als üblich.

HEGSTED (1977) schreibt, daß die Proteinqualität, von Extremfällen abgesehen, bei Erwachsenen von untergeordneter Rolle ist, da der Bedarf an essentiellen Aminosäuren relativ gering im Vergleich zum gesamten Stickstoff-Bedarf ist. Dieser Ansicht stellen SCRIMSHAW et al. (1977) entgegen, daß zur Deckung des Tagesbedarfes pro Kilogramm Körpergewicht bei 7 jungen Erwachsenen 0,58 g Protein aus Fleisch, bei Verwendung von Weizen aber 0,96 g Protein nötig waren.

Der Proteinbedarf ist erhöht bei Schwangerschaft und in der Stillzeit. Von der Mutter müssen im letzten Drittel der Schwangerschaft 5 g Protein pro Tag zusätzlich synthetisiert werden, während des Stillens sind es 12 g pro Tag (HEGSTED, 1964). Das FAO Komitee (1957) empfiehlt 10 g Eiweiß zusätzlich bei Schwangerschaft und 30 g zusätzlich in der Stillzeit. Diese Angaben sind sehr großzügig bemessen. Während des Wachs-

tums besteht ebenfalls ein größerer Bedarf an Nahrungseiweiß. Einige Aminosäuren werden außerdem in relativ höheren Konzentrationen benötigt (ERBERSDOBLER, 1981). Das DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY (1969) empfiehlt für ein 11,4 kg schweres Kind als Mindestproteinmenge 1,7 g/kg KGW/Tag.

2.4 Proteinbedarf nicht-menschlicher Primaten

Nach GARCIA (1976) wird ein hoher Proteinbedarf bei Neuweltaffen vermutet, da ein Teil ihrer natürlichen Nahrung aus Insekten besteht. Es liegen jedoch nur wenige genaue Daten vor. Über den Proteinbedarf von Krallenaffen gibt es bis jetzt keine Untersuchungen. Für den wachsenden Kapuzineraffen geben NICOLOSI und HUNT (1979) 10 g Protein guter Qualität pro Kilogramm Körpergewicht und Tag an. Beim jungen Totenkopfaffen ist der Wert fast doppelt so hoch, nämlich 18 g/kg KGW/Tag. Versuche mit Lactalbumin, Kasein und Sojaproteinisolat als Stickstoffquelle zeigten, daß junge Totenkopfaffen hochwertige Proteine nur in geringem Maß nutzen können (AUSMAN et al., 1979). Der für das Wachstum verwertete Anteil betrug jeweils 27,8, 32,1 und 22,2 %. Im Gegensatz dazu wird Lactalbumin von jungen Kapuzineraffen zu 74 % (SAMONDS und HEGSTED, 1973), von jungen Rhesusaffen, ebenso wie vom Menschen, zu 65 % (AUSMAN et al., 1979) und von jungen Ratten sogar zu über 90 % genutzt. Die Ursache der geringen Ausnutzung bei den Totenkopfaffen ist nicht bekannt. Unter Umständen liegt ein übermäßiger Bedarf an einer bestimmten Aminosäure vor, etwa vergleichbar dem bei der Katze vorhandenen erhöhten Bedarf an Taurin.

Für normales Wachstum und Entwicklung von 700 g schweren Totenkopfaffen geben IGLESIA et al. (1967) 8 g Protein/kg KGW/Tag bei einem Energieanteil von 12,5 % in der Diät als unterste Grenze an. Wenn nur 6,1 bzw. 9 % der Energie

in Form von Protein aufgenommen wird, kommt es zu einem Anstieg der alkalischen Phosphatase und zu mitochondrialen Leberzellveränderungen. Als Eiweißquelle verwendeten IGLESIA et al. Sojaprotein, das mit Methionin ergänzt wurde. Zur Erhaltung des Körpergewichtes bei jungen Totenkopffaffen ist eine Menge von 3,43 g Lactalbumin, 3,63 g Kasein, oder 7,96 g Sojaproteinisolat pro Kilogramm Körpergewicht und Tag nötig (AUSMAN et al., 1979). Beim jungen Kapuzineraffen sind es hingegen nur 2 g bei Lactalbumin als Eiweißquelle, entsprechend 6 - 7 % des Energieverzehrs (SAMONDS und HEGSTED, 1973).

Versuche an sehr jungen Kapuzineraffen mit mangelhafter Proteinzufuhr (2,8 % der Gesamtenergie der Diät) führten zu Gewichtsstillstand, jedoch ging das Knochenwachstum weiter, wenn auch in geringerem Maße als bei den Kontrolltieren (FLEAGLE et al., 1975). Bei jungen Totenkopffaffen hat eine Senkung des Proteingehaltes auf 2,3 % der Energie in der Ration Gewichtsverlust und eine Glukoseintoleranz mit Glukosurie und Hyperglykämie zur Folge (AUSMAN et al., 1972).

Der Proteinbedarf erwachsener Tiere ist, bezogen auf ihr Körpergewicht, geringer als bei wachsenden. NICOLOSI und HUNT (1979) geben für den erwachsenen Kapuzineraffen 5 g/kg KGW/Tag an.

Eine ganze Reihe von Proteinbedarfsstudien wurde an Altweltaffen insbesondere den Rhesusaffen durchgeführt. RIOPELLE et al. (1974) fütterten erwachsene, nicht trächtige Tiere 6 Monate lang mit 0,5, 1, 2 bzw. 4 g Protein/kg KGW/Tag. Der Mindestproteinbedarf, beurteilt nach Gewichtsänderung, Serumalbumingehalt und dem Verhältnis von freien, nichtessentiellen zu essentiellen Aminosäuren im Plasma, scheint etwas über 2 g/kg KGW/Tag zu liegen. Trächtige Rhesus-Weibchen verlieren beim Verzehr von 1 g Protein/kg KGW/Tag weniger an Gewicht als nicht trächtige Weibchen, die die gleiche Proteinmenge bekommen. RIOPELLE et al. (1975) schreiben dies der größeren Nährstoffverwertung während der Trächtigkeit zu. Ein Unterschied zwischen Geburtsgewicht, Größe und weiterer Entwicklung der Neugeborenen von Weibchen, die mit 1 g oder mit 4 g Protein/kg KGW/Tag versorgt wurden, ist nicht zu erkennen. Das Muttertier ist anscheinend fähig, die eigenen Stoffwechselvorgänge zugunsten des Ungeborenen einzuschränken (RIOPELLE et al., 1977). Jedoch führt eine Proteinversorgung von nur 0,5 g/kg KGW/Tag sehr häufig zum Tod von Muttertier und Foetus, zu Totgeburten oder dem Tod des Neugeborenen kurz nach der Geburt (KOHRS et al., 1976).

2.5 Proteinbedarf anderer Monogastrier

Schwein

Wegen ihres raschen Muskelzuwachses, vor allem gegen Ende der Wachstumsphase, haben junge Schweine einen besonders hohen Bedarf an essentiellen Aminosäuren und Protein im Verhältnis zur Energieaufnahme. In Versuchen von POND et al. (1980) rief eine Diät mit 12 % Proteingehalt eine langsamere Gewichtszunahme und geringeres Körpergewicht hervor als bei den Kontrolltieren, die mit 18 % Protein gefüttert wurden. CARROLL et al. (1962) geben für Saugferkel einen Proteinbedarf von 17 bis 21 % in der Nahrung an, für Absatzferkel bis 90 Pfund je nach Futterqualität 14 bis 16 %. Für die Zuchtsau sollten nach CARROLL et al. 11 bis 13 % und während der Laktation 12 bis 15 % Protein im Futter enthalten sein.

Katze

Der Proteinbedarf der Katze wird im allgemeinen sehr hoch geschätzt. Den Mindestproteinbedarf von wachsenden bzw. erwachsenen Katzen geben ROGERS und MORRIS (1980) mit 29 bzw. 19 % der Kalorienzufuhr an. BURGER et al. (1981) berichten jedoch von Untersuchungen, in denen nur 10 % der Kalorienaufnahme in Form von Protein nötig waren, um erwachsene Katzen 4 Monate lang im Stickstoffgleichgewicht und bei guter Gesundheit zu halten.

Katzen scheinen einen erhöhten Bedarf an Taurin zu haben. Bei Verfütterung von taurinarmen Kaseindiäten tritt eine Retinadegeneration auf. Die Synthese von Taurin aus Cystin ist bis zu einem gewissen Grad wahrscheinlich möglich, reicht jedoch für den Bedarf nicht aus (HAYES, 1976). Das Wachstum junger Katzen scheint jedoch von der Taurinzufuhr relativ unabhängig zu sein (ANDERSON et al., 1979).

Ratte

Untersuchungen von NELSON (1953) ergaben, daß ein 5 %iger Proteingehalt in der Diät die unterste Grenze ist, bei der Reproduktion vorkommt. Das Optimum liegt bei 15 bis 20 % Proteingehalt. Nach HAGEMANN und SCHMIDT (1960) ist der minimale Eiweißbedarf für normale Vermehrung und Laktation 16,7 %. Für das Wachstum werden 19 bis 23 %, für die Zucht 23 bis 25 % Eiweiß pflanzlicher und tierischer Herkunft in der Ration empfohlen.

2.6 Vitamin- und Spurenelementbedarf bei Neuweltaffen

Der Vitaminbedarf von Neuweltaffen weist einige Besonderheiten auf. Untersuchungen an verschiedenen Spezies zeigten eine erhöhte Wirksamkeit von Vitamin D_3 (Cholecalciferol) gegenüber Vitamin D_2 (Ergocalciferol). Diäten, die nur Vitamin D_2 enthielten, führten zu Mineralisierungsstörungen der Knochen (HAMPTON et al., 1966; HUNT et al., 1967). Obwohl die angegebenen Bedarfswerte in den letzten Jahren etwas zurückgegangen sind, liegen sie sehr hoch. 600 bzw. 500 IE pro Tier und Tag geben HAMPTON et al. (1966), DREIZEN et al. (1971) und KING (1975) an. Die gleiche Menge pro Tier, jedoch pro Woche, ist bei GARCIA (1976) und MARTIN (1978) beschrieben. KINGSTON empfahl 1969 2500 IE pro Tier und Woche, 1977 nur noch 5000 IE einmal im Monat. Nur 1250 IE/kg Futter halten LEHNER et al. (1967) und AUSMAN und HAYES (1974) bei Totenkopf- und Kapuzineraffen für ausreichend, was bei einem Marmoset mit einem täglichen Verzehr von 15 g Futter 19 IE Vitamin D_3 /Tier und Tag entspricht.

Nach Untersuchungen von RASMUSSEN (1979) liegt der Folsäurebedarf für Totenkopffaffen bei 150 mcg/kg KGW/Tag. Da während der Futterlagerung das Vitamin zum Teil zerstört werden kann, wird für semipurified diets eine Menge von mindestens 200 mcg Folsäure/kg KGW/Tag empfohlen. Neuere Bedarfsstudien an Kapuzineraffen zeigen einen

ähnlichen Bedarf (RASMUSSEN et al., 1982). Für purified diets werden 150 mcg Folsäure/kg KGW/Tag angegeben. Der Bedarf liegt bedeutend höher als beim Menschen mit 0,8 mg/Tag für eine 55 kg schwere schwangere Frau (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1980). Bei Folsäuremangel treten sowohl beim Menschen als auch bei den beiden untersuchten Affenarten Gewichtsverlust und megaloplastische Anämie auf.

Da für Krallenaffen, wie für fast alle Primaten, Ascorbinsäure essentiell ist, muß diese mit der Nahrung zugeführt werden. LEHNER et al. (1968) empfehlen zur Skorbutheilung 10 mg pro kg KGW beim Totenkopffaffen. Eine Erhöhung des Blut-Cholesterin-Spiegels als Folge von Vitamin-C-Mangel trat in Versuchen von McINTOSH (1981) bei Marmosets auf.

Über den Spurenelementbedarf bei nicht-menschlichen Primaten liegen wenige Daten vor. NICOLOSI und HUNT (1979) empfehlen, jeweils in ppm in der Diät, für Zink 20, Jodid 2, Chrom 0,5, Mangan 20, Kupfer 2, Selen 0,1 und Fluorid 0,5. Den Wert von 180 ppm in der Diät für Eisen (NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1978) halten NICOLOSI und HUNT für überhöht und empfehlen daher nur 100 ppm. Bei einem Gehalt von 2 ppm Fluorid im Trinkwasser beobachtete BOWEN (1973) ein wesentlich selteneres Auftreten von Karies bei Rhesusaffen.

Über die Bedarfswerte von Molybdän und Nickel gibt es bis jetzt keine Untersuchungen bei nicht-menschlichen Primaten. ROBINSON et al. (1973) geben als Molybdänbedarf für erwachsene Frauen 48 bis 96 mcg pro Tag an. TIPTON et al. (1969) berichten allerdings von einer negativen Molybdän-Bilanz bei einer von drei Versuchspersonen bei 100 mcg Molybdän pro Tag. Für die Ratte, die einen extrem niedrigen Molybdänbedarf hat, reichen 0,2 ppm in der Diät für normales Wachstum. (HIGGINS et al., 1956). Um den Nickelbedarf von Ratten zu decken, sind 0,04 bis 0,05 ppm im Futter nötig. Bei Mangelerernährung (0,015 ppm in der Nahrung), sinkt die Eisenresorption auf ein Drittel. Es kommt zu einer Eisenmangelanämie (SCHNEGG und KIRCHGEßNER, 1978).

EIGENE UNTERSUCHUNGEN =====

Versuchsbeschreibung

1 Versuchstiere und Haltungsbedingungen

Die nachfolgend beschriebenen Versuche wurden an den beiden Spezies *Callithrix jacchus* und *Saguinus fuscicollis* durchgeführt. Die Tiere werden in Gitterkäfigen gehalten. Für Familien mit vielen Jungtieren stehen zwei Käfige, die durch einen Überlauf miteinander verbunden sind, zur Verfügung. Die Tiere sind, nach Spezies getrennt, in Räumen mit einer Temperatur von 23 bis 26 °C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von ca. 50 % untergebracht. Zusätzlich zum Tageslicht erfolgt eine künstliche Beleuchtung in einem 12-Stunden-Rhythmus.

Da es sich um Tiere einer Zuchtkolonie handelte, befanden sich in einem Käfig in der Regel mindestens zwei Tiere. Insgesamt kamen aus beiden Spezies 114 Tiere, darunter auch Trächtige in den Versuch.

Die Tiere der Gattung *Callithrix jacchus* waren alle in Gefangenschaft geboren. Ihr genaues Alter war also bekannt. Die meisten der erwachsenen Tiere und alle Jungtiere stammten aus der Zuchtkolonie. Von den anfänglich 54 Versuchstieren waren 29 älter als 18 Monate und damit ausgewachsen (ABBOTT, 1977; HERSHKOVITZ, 1977), 13 zwischen 11 und 16 Monaten, 8 Tiere im Alter von 6 bis 8 1/2 Monaten

und 4 gerade erst geboren. Ein Drittel der erwachsenen Tiere hatte ein Alter von 1 1/2 und 2 Jahren, der Rest verteilt sich auf 2- bis 7-jährige. In der Altersgruppe zwischen 11 und 16 Monaten waren 11 Tiere bereits angepaart worden, nur 2 lebten noch als Jungtiere in ihrer Familie. Die Versuchseinheiten teilten sich auf in 6 Familien, 14 Paare und ein Einzeltier, die jeweils in einem Käfig untergebracht wurden. Das Körpergewicht der ausgewachsenen Tiere reichte von 240 g bis 454 g.

Bei den Tieren der Gattung *Saguinus fuscicollis* handelte es sich, die laborgeborenen Jungtiere ausgenommen, um Wildfänge. Das Alter dieser Tiere ist daher nicht genau bekannt, jedoch waren alle ausgewachsen. Von den 60 Versuchstieren waren 47 erwachsen, 5 Tiere zwischen 6 1/2 und 9 1/2 Monate und 8 Tiere unter 3 Monate alt. Die Tiere waren auf 24 Käfige verteilt und zwar in 8 Familien, 15 Paare und einem Einzeltier. Das Körpergewicht der adulten Tiere schwankte zwischen 272 und 468 g.

1.2. Versuchsplanung und Versuchsdurchführung

Die Versuchstiere jeder Spezies wurden in drei Gruppen aufgeteilt gemäß drei unterschiedlichen Proteinkonzentrationen in einer halbsynthetischen Diät, nämlich 12 %, 18 % und 24 % entsprechend ca. 14 %, 21 % und 27 % der Bruttoenergie. Jede Gruppe sollte, wenn es der Gesundheitszustand der Tiere erlaubte, über die gesamte Versuchszeit von acht Monaten ausschließlich mit einer Diät ernährt werden. Kriterien für die Beurteilung des Versuchsverlaufes waren Verdaulichkeit der Diäten, Verzehr, Gewichtsentwicklung der Tiere, Blutanalysen, Reproduktionsgeschehen, Krankheits- und Todesfälle und Kotbeschaffenheit.

Das Futter wurde den Tieren in Form von Pellets mit einem Durchmesser von 5 mm ad libitum angeboten. Pellets haben sich seit zwei Jahren in der Kolonie bewährt und wurden daher auch während dieses Versuches beibehalten. Familien mit Jungtieren, die vor Versuchsbeginn üblicherweise am Spätmittag einen Fertig-Grießbrei erhielten, wurde ersatzweise ein Brei aus der unpelletierten Versuchsdiet angeboten. Auch die in der Kolonie übliche Bananengabe am Nachmittag wurde gegen eine geringe Menge (5 bis 10 g Trockensubstanz pro Tier) dieses Breis ausgetauscht.

Der Futterverzehr wurde über den ganzen Versuchszeitraum an 5 Tagen in der Woche bestimmt, wobei wöchentlich alternierend nur jeweils eine Spezies berücksichtigt wurde. Um den Unterschied des Wassergehaltes in Pellets und Brei bei der

Berechnung der Verzehrsmenge auszugleichen, wurde der Wassergehalt der Futtermischung vor der weiteren Verarbeitung zugrunde gelegt. Der tägliche Pelletverzehr wurde aus der Differenz von Futtereinwaage und Rückwaage der nicht gefressenen Pellets ermittelt. Von einem täglich jedem Käfig untergelegten Papier wurden "verschmissene" Pellets aufgesammelt und nach Lufttrocknung rückgewogen. Der Breiverzehr ergab sich aus der Differenz des eingewogenen Breis und des Breis, der nach einer gewissen Zeit (vormittags zwei bis drei Stunden, nachmittags eine Stunde) rückgewogen wurde. Da sich alle Ergebnisse jeweils auf einen Käfig beziehen, müssen die Werte durch die Zahl der Tiere in dem betreffenden Käfig dividiert werden. Dabei gehen Jungtiere als prozentualer Anteil der Erwachsenen in die Rechnung mit ein, wobei das Durchschnittsgewicht der Elterntiere als Bezugsgröße dient.

Das Wiegen der Tiere erfolgte in den ersten vier Versuchsmonaten mit 14-tägigem Abstand, später alle vier Wochen. Nur Tiere mit Gewichtsabnahmen wurden alle zwei Wochen gewogen, nicht gesund erscheinende wöchentlich. Das Wiegen der Jungtiere erfolgte erst, nachdem sie selbständig im Käfig gesehen worden waren, etwa im Alter von 6 bis 8 Wochen. Ein "Herunterpflücken" von Neugeborenen wurde nicht durchgeführt, um zu vermeiden, daß die Elterntiere die Jungen nicht wieder annahmen.

Die grobsinnliche Kotbeurteilung auf Farbe und Konsistenz wurde ein-bis zweimal pro Woche durchgeführt. Für die Verdaulichkeitsuntersuchungen wurde mehrmals täglich möglichst frischer Kot gesammelt und darauf geachtet, daß er nicht durch Urin verunreinigt war.

Der Gesundheitszustand der Tiere konnte durch die versuchsbedingte häufige Anwesenheit in den Tierställen gut kontrolliert werden.

Im letzten Monat der Versuchszeit wurden jedem adulten Tier und Jungtieren über 250 g Körpergewicht nüchtern 2 bis 3 ml Blut abgenommen. Ausgeschlossen wurden weibliche Tiere, die vor weniger als einem Monat eine Geburt gehabt hatten, und hochträchtige Tiere. Das Blut wurde aus der Vena femoralis mit einer 0,9 mm Kanüle gewonnen und das Serum auf Gesamteiweiß, Albumin-Globulin-Verhältnis, Harnstoff-N, Kreatinin, Harnsäure, alkalische Phosphatase, GOT, γ -GT, Na^+ , K^+ und Ca^{++} untersucht. Bei der Spezies *Callithrix jacchus* wurden zusätzlich noch GPT, Cholinesterase, Kreatininkinase, LDH, Triglyceride, Cholesterin, bei *Saguinus fuscicollis* Phosphor, bestimmt.

3.1.3 Zusammensetzung der Versuchsdiäten

Die Zusammensetzungen der Versuchsdiäten sind in Tabelle 1 angegeben.

Als Proteinquelle diente ein Molkenproteinkonzentrat ("Globulal 70 N"), das neben etwa 70 % Lactalbumin noch Butterfett, Laktose, Asche und freies Wasser enthält. Tabelle 5 zeigt die Zusammensetzung des Produktes gemäß einer Produktinformation der Firma. Das sehr teure, reine Lactalbumin wurde angesichts der großen Tierzahl und der langen Versuchszeit nicht verwendet. Lactalbumin stellt einen biologisch sehr hochwertigen Eiweißstoff dar. Es ist in nur geringen Mengen (0,4 %) neben Kasein (2,8 %) und einer Globulinfraktion (0,1 bis 0,2 %) in der Milch enthalten. Die limitierende Aminosäure bei Lactalbumin ist das Methionin (MITCHELL, 1964). Der Aminosäuregehalt im Rohprotein im dem verwendeten Produkt ist in Tabelle 6 angegeben.

Als Kohlenhydratquelle dienten Saccharose, Glukose und Maisstärke. Auf sie wurden prozentual die unterschiedlichen Mengen der drei Proteinkonzentrationen zueinander verteilt. Rohfaser wurde in Form von Mikrozellulose, Fett als Sojaöl und Kokosfett zugegeben.

"Globulal 70 N" enthält ca. 2,8 % Kalium, 1,7 % Chlorid und 0,5 % Phosphor. Die Gehalte an K, Cl und P der Diät mit 12 % Rohprotein und der Diät mit 18 % Rohprotein wurden mit entsprechenden Mengen KCl und K_2HPO_4 denjenigen

der Diät mit 24 % Rohprotein angeglichen. Das Butterfett in dem Molkenproteinkonzentrat trägt zu ca. 0,5 bis 1,5 %, ansteigend mit der Proteinmenge, zum Fettgehalt der Diäten bei.

Da anders als bei der "natural ingredient"-Koloniediät kaum Vitamine und Spurenelemente durch die Komponenten in das Futter gelangen, mußten neue Vormischungen hergestellt werden. Auch sollte die Spurenelementvormischung durch die Verwendung von Oxiden geschmacklich für die Affen verbessert werden. Die Zusammensetzungen der Vitamin- und Spurenelementvormischungen sind in den Tabellen 2 und 3 angegeben. Besonderes Augenmerk ist auf den für eine Neuweltaffen-Diät relativ niedrigen Gehalt von 1000 IE Vitamin D₃ zu richten. Die Mengenelemente wurden direkt in die Futtermischung eingebracht. Die Gehalte, gültig für alle drei Diäten, gibt Tabelle 4 wieder. Das Ca-P-Verhältnis beträgt 1,29.

Die Diäten sind nicht isokalorisch. Die gemessenen Werte der Bruttoenergien und die errechneten prozentualen Anteile der Nährstoffe sind in Tabelle 7 angegeben. Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse der Weender-Futtermittelanalyse in Prozent der Trockensubstanz. Der Wassergehalt der Pellets beträgt ca. 8 bis 9 %. Die unpelletierte Futtermischung enthält 5,3 bis 5,7 % Wasser, ansteigend mit dem Proteingehalt.

Tabelle 1: ZUSAMMENSETZUNG DER VERSUCHSDIÄTEN

Proteingehalt der Diäten Komponenten	12 %	18 %	24 %
Saccharose	20,50	17,75	15,00
Glukose	14,25	12,50	10,50
Maisstärke	27,35	24,25	21,50
Molkenproteinkonzentrat*	16,00	24,00	32,00
Sojaöl	7,00	7,00	7,00
Kokosfett	5,00	5,00	5,00
Mikrozellulose	5,00	5,00	5,00
Vitaminvormischung ¹⁾	0,50	0,50	0,50
Cholinchloridpulver (50 %)	0,40	0,40	0,40
Spurenelementvormischung ²⁾	0,10	0,10	0,10
CaCO ₃	0,40	0,40	0,40
CaHPO ₄ x 2H ₂ O	2,00	2,00	2,00
NaCl	0,50	0,50	0,50
MgO	0,10	0,10	0,10
K ₂ HPO ₄	0,45	0,25	-, -
KCl	0,45	0,25	-, -
	100,00 %	100,00 %	100,00 %

* "Globulal 70N", Fa. Meggle, Wasserburg, BRD

1) siehe Tabelle 2

2) siehe Tabelle 3

Tabelle 2: DIE VITAMINVORMISCHUNG (BASIS: MAISSTÄRKE) ENTHÄLT IN

5 GRAMM (= PRO KILOGRAMM DER FERTIGEN DIÄT)

Retinol	10.000 IE
Cholecalciferol	1.000 IE
α -DL-Tocopherolacetat	100 mg
Menadion	2 mg
Thiamin	5 mg
Riboflavin	10 mg
Pyridoxin	10 mg
Nicotinsäure	40 mg
Folsäure	4 mg
Ca-D-Pantothenat	20 mg
Cobalamin	50 mcg
Biotin	1 mg
Ascorbinsäure	2.000 mg

Tabelle 3: DIE SPURENELEMENTVORMISCHUNG (BASIS: MAGNESIUMOXID) ENTHÄLT

IN 1 GRAMM (= PRO KILOGRAMM DER FERTIGEN DIÄT)

Fe (aus Eisen (III) oxid)	100 mg
Mn (aus Mangan(IV)oxid)	50 mg
Zn (aus Zinkoxid)	100 mg
Cu (aus Kupferoxid)	10 mg
Se (aus Natriumselenit x 5 H ₂ O)	0,1 mg
J (aus Kaliumjodid)	1 mg
F (aus Natriumfluorid)	2 mg
Mo (aus Natriummolybdat x 2H ₂ O)	0,5 mg
Ni (aus Nickelsulfat x 6H ₂ O)	0,1 mg
Cr (aus Chrom(III)chlorid x 6H ₂ O)	0,5 mg

Tabelle 4: MENGELEMENTGEHALT DER VERSUCHSDIÄTEN IN PROZENT DER FERTIGEN MISCHUNG

Kalzium	0,67
Phosphor	0,52
Natrium	0,22
Kalium	0,90
Magnesium	0,11
Chlorid	0,85

Tabelle 5: ZUSAMMENSETZUNG DES MOLKENPROTEINKONZENTRATES "GLOBULAL 70 N"*

Trockensubstanz	mind. 95 %
Rohprotein (f = 6,25)	mind. 68,5 %
Rohfett	max. 6 %
Laktose	max. 15 %
Asche	max. 8 %
pH	5,8 - 6,8

* Produktinformation, Fa. Meggle, Wasserburg, BRD

Tabelle 6: AMINOSÄURENGEHALT DES MOLKENPROTEINKONZENTRATES* IN PROZENT
BEZOGEN AUF ROHPROTEIN (= IN GRAMM/16 g N)**

Methionin	2,3
Cystin	3,6
Lysin	11,2
Threonin	5,7
Valin	6,0
Isoleucin	6,5
Leucin	13,0
Phenylalanin	4,8
Tyrosin	4,3
Arginin	3,5
Histidin	2,7
Asparaginsäure	11,8
Glutaminsäure	18,7
Serin	5,5
Glycin	2,2
Alanin	5,6
Prolin	5,5
Tryptophan	nicht bestimmt

*"Globulal 70N", Firma Meggle, Wasserburg, BRD

**Die Analyse wurde im Institut für Physiologie,
Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie
der Tiermedizinischen Fakultät München durchgeführt

Tabelle 7: PROZENTUALER ANTEIL DER NÄHRSTOFFE AN DER BRUTTOENERGIE
(berechnet)

Protein- konzentration Nährstoffe	12 %	18 %	24 %
Protein	14	21	27
Fett	25	26	26
Rohfaser	4,4	4,2	4,1
NFE	56	50	43
Bruttoenergie* kcal/gTS	4,62	4,85	5,1

* bestimmt im Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Tiermedizinischen Fakultät München

Tabelle 8: NÄHRSTOFFANALYSEN* IN PROZENT TROCKENSUBSTANZ

beabsichtigter Pro- teingehalt in den Diäten Nährstoffe	12 %	18 %	24 %
Rohprotein	11,1	16,7	22,2
Rohfett	12,0	12,3	13,1
Rohfaser	3,5	3,9	3,5
Rohasche	4,1	4,0	4,2

* durchgeführt im Institut für Physiologie, Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Tiermedizinischen Fakultät München

3.1.4 Herstellung des Futters

Pellets

Um Pellets in der gewünschten Länge von etwa 2 cm zu erhalten, war die Zugabe von ca. 7 % Wasser zu der Futtermischung notwendig. Da die Matrice der Pelletiermaschine sich erst nach längerem Betrieb erwärmte, war keine starke Hitzeschädigung des Proteins zu erwarten. Der Furosingehalt der Diäten lag zwischen 0,23 und 0,39 % im Rohprotein.

Der hohe Zuckergehalt des Futters und die feinpulverige Konsistenz aller Ingredienzien ließen technologische Schwierigkeiten bei der Pelletierung erwarten. Da mit Pellets auch als Versuchsfutter jedoch schon gute Erfahrungen in dieser Krallenaffenkolonie gemacht worden waren, sollte trotz des halbsynthetischen Diättyps auf die Pelletform nicht verzichtet werden. Probepelletierungen zeigten, daß eine Erhöhung des Fettgehaltes von ursprünglich 6 auf 12 % in der Diät die Pelletierfähigkeit des Futters verbesserte. Ohne Wasserzugabe ließen sich Pellets nur bei sehr heißer Matrice herstellen. Diese verklebte dann allerdings schnell. Bei einem zwischenzeitlichen Versuch auf einer anderen, weniger leistungsfähigen Preßmaschine war das Pelletieren ohne Wasserzugabe in etwas größeren Mengen möglich. Die Matrice wurde jedoch nach kurzer Zeit sehr heiß. Es konnte eine Furosineinbildung von 0,47 % im Rohprotein bei der Diät mit 12 % Protein und 0,73 % bei der Diät mit 24 % Protein nachgewiesen werden.

Brei

Bei der Breiherstellung wurde von derselben Mischung wie für die Pellets ausgegangen. Diese wurde unmittelbar vor der Verteilung an die Tiere mit einer entsprechenden Menge warmen Wassers angerührt, bis ein sämiger Brei entstand. Das Gewichtsverhältnis von Futtermischung zu Wasser betrug mit steigendem Proteingehalt 1 : 1,1, 1 : 2,5 und 1 : 2,9.

3.1.5 Futter- und Kotanalysen

Der Energiegehalt der Futter- und Kotproben wurde mit Hilfe des Bombenkalorimeters ermittelt. Das Futter wurde vorher bei 105 °C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Die Rohnährstoffgehalte der Diäten wurden mit der Weender-Futtermittelanalyse bestimmt. Der Proteingehalt wurde nach der Formel $N \times 6,25$ berechnet.

Um die Verdaulichkeit der Futtertrockensubstanz und des Proteins zu erhalten, wurde nach der Chromoxid-Indikatormethode vorgegangen. Die Verdaulichkeit ergibt sich aus dem Konzentrationsunterschied des im Futter und im Kot bestimmten Chromoxids. Man geht davon aus, daß Chromoxid den Verdauungstrakt unverändert passiert. Bei der von PETRY und RAPP (1971) beschriebenen Methode werden die Futter- und Kotproben durch anorganische Säuren naß verascht. Hierbei wird Chromoxid zum wasserlöslichen Chromat oxidiert. Dieses wird dann bei 366 nm photometrisch bestimmt. Diese Indikatormethode führt zu sehr genauen Ergebnissen (PETRY und ENDERS, 1974), da die methodisch schwierige quantitative Erfassung von Futterverzehr und Kotabsatz der klassischen Kotsammel-methode entfällt.

Die Verdaulichkeit der Futtertrockensubstanz wurde nach der Formel

Verdaulichkeit Futter = $\left(1 - \frac{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ in Futter-TS}}{\% \text{ Cr}_2\text{O}_3 \text{ in Kot-TS}} \right) \times 100$
berechnet.

Der Chromoxid-Gehalt lag in allen Versuchsdiäten bei 0,5 %.

Wegen der geringen Kotmengen wurde bei der Rohproteinbestimmung eine modifizierte Kjeldahl-Methode mit einem Auto-Analyser (Fa. Technicon) angewandt. Die organische Substanz wurde mit einem Gemisch von konzentrierter Schwefel- und Phosphorsäure (20 : 1) und einem Selenreaktionsgemisch naß verascht. Die Ammonium-Bestimmung erfolgte mit Na-Salicylat. Durch die Reaktion des Ammonium-Ions mit Salicylat und Natriumhypochlorid (als Cl-Donator) wird in alkalischem Milieu eine smaragdgrüne Farbe gebildet. Der gebildete Ammonium-Salicylat-Komplex wird bei 660 nm photometrisch quantitativ erfaßt. Der Rohprotein-gehalt des Untersuchungsmaterials ergibt sich aus dem errechneten Stickstoffgehalt (in ppm), multipliziert mit dem Faktor 6,25.

Die scheinbare Verdaulichkeit des Lactalbumins wurde nach der Formel

scheinbare Verdaulichkeit =

$$100 - \left(\frac{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ in Futter-TS} \times \% \text{ Rohprotein in Kot-TS}}{\% \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ in Kot-TS} \times \% \text{ Rohprotein in Futter-TS}} \times 100 \right) \text{ berechnet.}$$

3.1.6 Statistik

Die Versuchsergebnisse wurden als Mittelwerte ($\bar{x}$) mit ihren zugehörigen Standardabweichungen ($\pm s$) wiedergegeben. In den Abbildungen 1 und 2 wurden die mittleren Fehler ($\pm s_{\bar{x}}$) der Mittelwerte eingezeichnet.

Die statistische Auswertung der wichtigsten Blutparameter und der Verdaulichkeitswerte erfolgte durch Varianzanalyse mit einem F-Test. In Abbildung 7 wurde der SPEARMAN-Rangkorrelationskoeffizient angegeben.

3.2 Versuchsergebnisse

3.2.1 Verdaulichkeitsuntersuchungen

Die Verdaulichkeit der Futtertrockensubstanz zeigte innerhalb beider Spezies für die drei Diäten keinen Unterschied. Die Verdaulichkeit der Diäten bei *Saguinus fuscicollis* lag durchschnittlich bei 84,5 %, bei *Callithrix jacchus* bei 82,2 %. Der tierartliche Unterschied war signifikant ($p \leq 0,001$). Bei letztgenannter Spezies wurden drei Käfige mit Familien in der Diät mit 24 % Rohprotein nicht ausgewertet, da deren Kot sich durch eine filzige Konsistenz von der Kotbeschaffenheit der übrigen Versuchstiere unterschied. Eine Rohfaserbestimmung dieses Kotes brachte keine Klärung. Mikroskopische Untersuchungen deuten darauf hin, daß es sich bei den gefundenen Fasern um Tierhaare handelt.

Die scheinbare Verdaulichkeit von Lactalbumin steigt bei beiden Spezies mit zunehmender Proteinkonzentration signifikant ($p \leq 0,001$) an, und zwar bei *Callithrix jacchus* von 72,9 % auf 87,1 % um insgesamt ca. 14 % und bei *Saguinus fuscicollis* von 76,6 % auf 86,8 % um insgesamt ca. 10 %.

Zur Energieverdaulichkeitsbestimmung wurden die Kotproben nach Diät und Spezies zu gleichen Anteilen gepoolt. Die Werte liegen bei *Callithrix jacchus* zwischen 83,0 und 85,8 %, bei *Saguinus fuscicollis* zwischen 87,8 und 88,9 %.

Die Verdaulichkeitswerte sind in Tabelle 9 aufgeführt.

Tabelle 9: VERDAULICHKEITSWERT DER FUTTERROCKENSUBSTANZEN, DES LACTALBUMINS UND DER BRUTTOENERGIE

Tierspezies	Callithrix jacchus			Saguinus fuscicollis		
	12 %	18 %	24 %	12 %	18 %	24 %
Proteinkonzentration						
Zahl der Versuchseinheiten	7	7	4	8	8	8
Verdaulichkeit der TS des Futters in %	81,8 ± 3,8	82,5 ± 2,4	82,2 ± 2,2	84,1 ± 1,8	85,2 ± 1,1	84,2 ± 1,4
scheinbare Verdaulichkeit von Lactalbumin in %	72,9 ± 7,7	82,7 ± 4,0	87,1 ± 1,6	76,6 ± 2,9	84,0 ± 2,0	86,8 ± 2,2
scheinbare Energieverdaulichkeit in % (gepooltes Untersuchungsmaterial)	83,0	85,8	84,5	88,9	87,8	88,1

3.2.2 Verzehr

Die Streuung der gemessenen Tagesverzehrsmengen war sowohl individuell als auch zwischen den Tieren sehr groß. Die Gründe für diese Schwankungen sind zum einen die unregelmäßigen Fütterungszeiten, bedingt durch den Reinigungsturnus, zum anderen führen methodische Schwierigkeiten bei der Pelletaufsammlung vor allem bei Familien zu Ungenauigkeiten der Meßdaten. Jungtiere "verschmissen" oft so viele Pellets, auch auf den Boden oder unter Nachbarkäfige, daß ein genaues Rückwiegen unmöglich war. Die absoluten Verzehrdaten können daher etwas überhöht sein. Ein Vergleich zwischen den Diäten ist jedoch möglich, da diese Fehlerquellen für alle drei Versuchsgruppen bestanden. Eine statistische Auswertung wurde nicht durchgeführt.

Bei der Berechnung der durchschnittlichen Verzehrswerte wurden Zeiten ausgeschlossen, in denen Weibchen trächtig waren, da die Gewichtszunahmen in dieser Zeit im Verhältnis zum Verzehr relativ hoch sind. Hochträchtige Weibchen wurden außerdem wegen der Gefahr eines Abortes nicht herausgefangen, und es konnte daher bei ihnen keine Beziehung zwischen Gewicht und Verzehr hergestellt werden.

Tabelle 10 zeigt den durchschnittlichen Verzehr von Pellets + Brei pro Tier und Tag in Prozent des durchschnittlichen Körpergewichtes mit den Extremwerten. In diese Werte gingen alle Tiere ein, unabhängig von ihrer Gewichtsentwicklung.

In Tabelle 11 gingen nur Tiere in die Berechnung ein, die Gewichtskonstanz zeigten. Die Futteraufnahme war in in beiden Fällen bei *Saguinus fuscicollis* etwas höher als bei *Callithrix jacchus*.

Die absoluten Werte zeigt Tabelle 12, wobei sich die Angaben auf ein Körpergewicht von 300 g bei *Callithrix jacchus* und 400 g bei *Saguinus fuscicollis* beziehen. Der tägliche Verzehr von Pellets und Brei lag bei *Saguinus fuscicollis* 4,7 bis 7,4 g über dem von *Callithrix jacchus*. Bei letztgenannten lag der Breiverzehr insgesamt höher, da es in dieser Spezies insgesamt mehr kritische Tiere gab, die zusätzlich zu den Pellets einen Brei erhielten. Die Breiaufnahme bei Familien betrug bei beiden Spezies etwa 40 % der gesamten Verzehrsmenge.

Tabelle 10: DURCHSCHNITTLICHER VERZEHR VON PELLETS UND BREI* PRO TIER UND TAG IN PROZENT DES KÖRPERGEWICHTS

Callithrix jacchus			Saguinus fuscicollis		
Proteinkonzentration			Proteinkonzentration		
12 %	18 %	24 %	12 %	18 %	24 %
n = 7	n = 8	n = 10	n = 8	n = 8	n = 7
4,5 3,4 - 5,0	4,3 3,3 - 6,0	4,3 3,5 - 5,2	4,8 3,5 - 6,0	4,9 3,6 - 5,7	5,0 3,8 - 6,0

* Grundlage bildet die Originalsubstanz der unverarbeiteten Futtermischung (TS = ~ 95 %)

n = Anzahl der Versuchseinheiten (= Käfige)

Tabelle 11: DURCHSCHNITTLICHER VERZEHR VON PELLETS UND BREI* PRO TIER UND TAG IN PROZENT DES KÖRPERGEWICHTS BEI TIEREN MIT GERINGEN GEWICHTSSCHWANKUNGEN ($\leq \pm 2$ %)

Callithrix jacchus			Saguinus fuscicollis		
Proteinkonzentration			Proteinkonzentration		
12 %	18 %	24 %	12 %	18 %	24 %
n = 5	n = 5	n = 6	n = 7	n = 6	n = 7
4,4 3,7 - 4,8	3,9 3,5 - 4,2	4,1 3,6 - 4,6	4,5 3,5 - 6,0	4,8 3,4 - 5,9	4,7 3,6 - 5,6

* Grundlage bildet die Originalsubstanz der unverarbeiteten Futtermischung (TS = ~ 95 %)

n = Anzahl der Versuchseinheiten (= Käfige)

Tabelle 12: DURCHSCHNITTLICHER VERZEHR PRO TIER UND TAG IN GRAMM BEI TIEREN MIT GERINGEN GEWICHTSSCHWANKUNGEN ($< \pm 2\%$), BERECHNET FÜR EIN KÖRPERGEWICHT VON 300 GRAMM BEI CALLITHRIX JACCHUS UND 400 GRAMM BEI SAGINUS FUSCICOLLIS

Tierspezies	Callithrix jacchus			Saguinus fuscicollis		
	12%	18%	24%	12%	18%	24%
Proteinkonzentration						
Zahl der Versuchseinheiten	5	5	6	7	6	7
Verzehr von Pellets + Brei	13,2 10,9 - 14,5	11,6 10,4 - 12,6	12,3 10,8 - 13,8	17,9 14,0 - 24,1	19,0 13,7 - 23,6	18,9 14,5 - 22,1
Pelletverzehr	10,3 8,2 - 12,4	7,9 5,6 - 9,8	9,7 6,1 - 11,2	15,6 13,4 - 18,8	18,4 12,9 - 23,1	17,4 13,9 - 20,8
Breiverzehr	2,9 2,1 - 3,2	3,7 1,6 - 6,6	2,6 0,7 - 5,4	2,3 0,2 - 5,3	0,6 0 - 1,4	1,5 0,5 - 3,3

3.2.3 Gewichtsentwicklungen

a) Erwachsene und Adoleszente

Die Abbildungen 1a und 1b zeigen die Gewichtsentwicklungen der erwachsenen Tiere jeder Spezies in Prozent des Körpergewichtes während der Versuchszeit. Tiere, die vorzeitig aus dem Versuch genommen wurden, und Trächtige gehen in die Darstellungen nicht ein. Die Unterschiede hinsichtlich der Gewichtsänderungen waren zwischen den einzelnen Tieren der Spezies *Callithrix jacchus* sehr groß. Die Tiere der Diät mit 12 % Rohprotein zeigten bei beiden Spezies die geringsten durchschnittlichen Zunahmen. Bei *Callithrix jacchus* lagen die durchschnittlichen Gewichte der Tiere bei allen drei Diäten zu Versuchsende etwas unter den Ausgangswerten. Die Gewichte der Spezies *Saguinus fuscicollis* dagegen blieben bis auf eine geringe anfängliche Abnahme in der Diät mit 24 % Rohprotein immer über den Ausgangswerten.

Adoleszente Tiere, die zu Versuchsbeginn 11 bis 16 Monate alt waren, kamen nur bei *Callithrix jacchus* vor. In jeder Diät waren drei bis vier Tiere vertreten. Ihre Gewichtskurven wurden nicht dargestellt, da diese zum Teil so unterschiedlich verliefen, daß aufgrund der geringen Tierzahl eine zufällige einseitige Verteilung anzunehmen ist. In der Diät mit 18 % Rohprotein ergaben sich durchschnittliche

Gewichtszunahmen bis zu 26 % des Ausgangsgewichtes, die vom 4. Versuchsmonat bis zum Ende des Versuches wieder auf 8 % abfielen. Die Gewichtsänderungen bei Tieren in den beiden anderen Diäten ähnelten sich; sie verliefen zwischen 1 % und 4 % unter den Ausgangswerten.

b) Jungtiere

Um die Gewichtsentwicklungen der Jungtiere vergleichen zu können, wurden diese in zwei Gruppen eingeteilt: die erste Gruppe im Alter von 6 bis 9 1/2 Monaten zu Versuchsbeginn (Abb. 2a und 2b), die zweite Gruppe mit Tieren, die kurz vor oder während des Versuches geboren wurden (Abb. 3 und 4).

In der erstgenannten Gruppe war bei beiden Spezies in der Diät mit 12 % Rohprotein nur jeweils 1 Tier vertreten. Bei *Saguinus fuscicollis* fehlten außerdem Tiere in der Diät mit 18 % Rohprotein. Da sich die Gewichtsverläufe der Tiere innerhalb der übrigen Diäten nicht sehr unterschieden, wurden der besseren Übersicht wegen Durchschnittswerte gebildet.

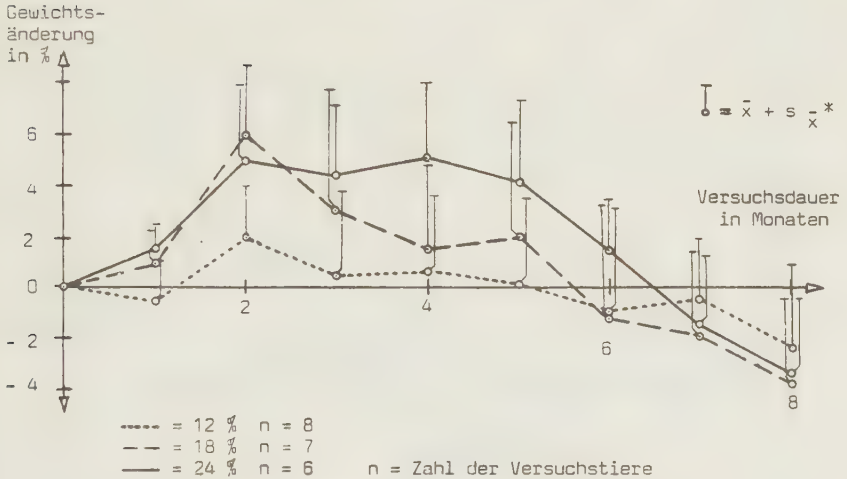
Bei den Darstellungen der 2. Jungtiergruppe wurden bei Zwillingen, die jeweils ähnliche Gewichtsentwicklungen zeigten, ebenfalls Durchschnittswerte

gebildet. Tiere, deren intrauterine Entwicklung größtenteils oder ganz in dem Versuchszeitraum fiel, zeigten bei beiden Spezies eine gleichgute Entwicklung wie Tiere, die kurz vor oder in der ersten Versuchszeit geboren wurden. Die Gewichtsaufzeichnungen fangen bei *Callithrix jacchus* bei einem Lebensalter von 6 Wochen und bei *Saguinus fuscicollis* von 8 Wochen an.

Die Abbildungen 5a und 5b zeigen einen Vergleich zwischen Gewichtskurven von 2 bis 8 Monate alten Tieren, die die Koloniediät erhielten und Tieren, die mit der halbsynthetischen Diät ernährt wurden. Die drei Proteinkonzentrationen der semipurified diets wurden dabei nicht unterschieden. Die Kurve der Kontrolltiere bei *Callithrix jacchus* beinhaltet drei Tiere, wobei von zweien nur Gewichte bis zum 6. Monat vorlagen und von dem dritten Tier erst ab dem 4. Monat. Der Verlauf dieser Kurve ist daher angesichts der wenigen Gewichtsdaten etwas kritisch zu betrachten.

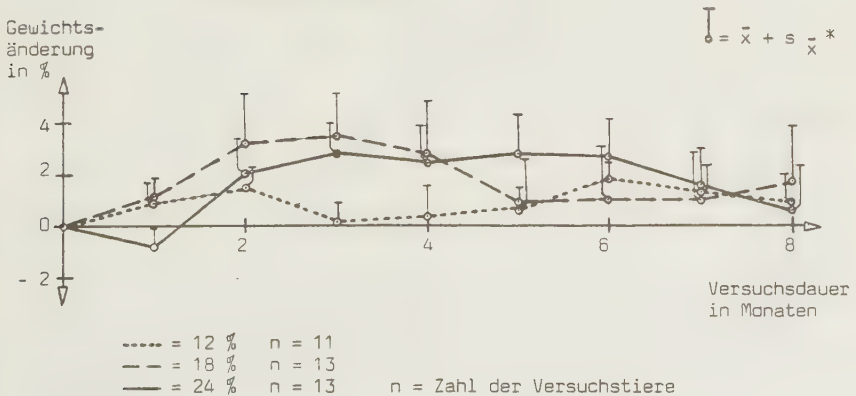
Abb.1: GEWICHTSENTWICKLUNGEN DER ERWACHSENEN TIERE

a) Callithrix jacchus



* Fehlerbereiche wurden nur in eine Richtung eingezeichnet.

b) Saguinus fuscicollis



* Fehlerbereiche wurden nur in eine Richtung eingezeichnet.

Abb. 2: GEWICHTSENTWICKLUNGEN VON JUNGTIEREN IM ALTER VON 6 BIS 9 1/2 MONATEN ZU VERSUCHSBEGINN

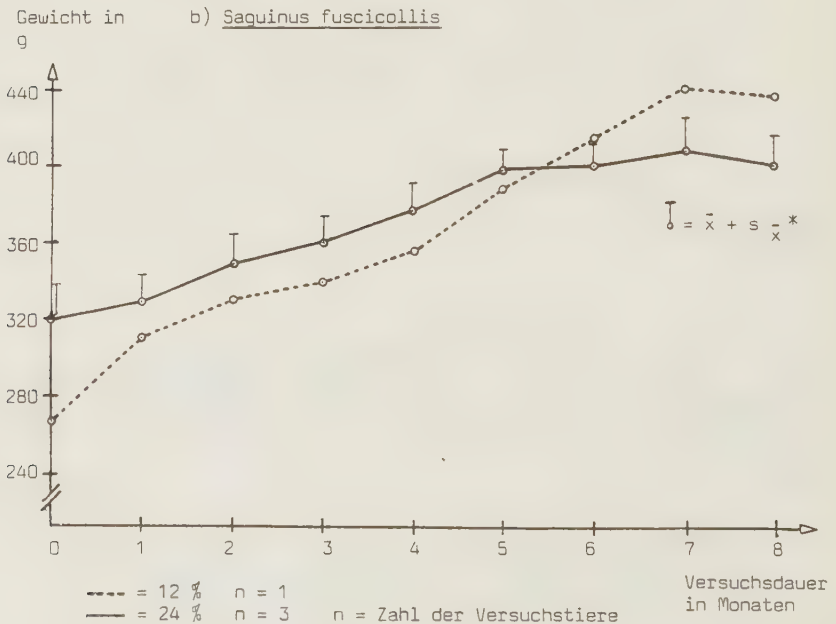
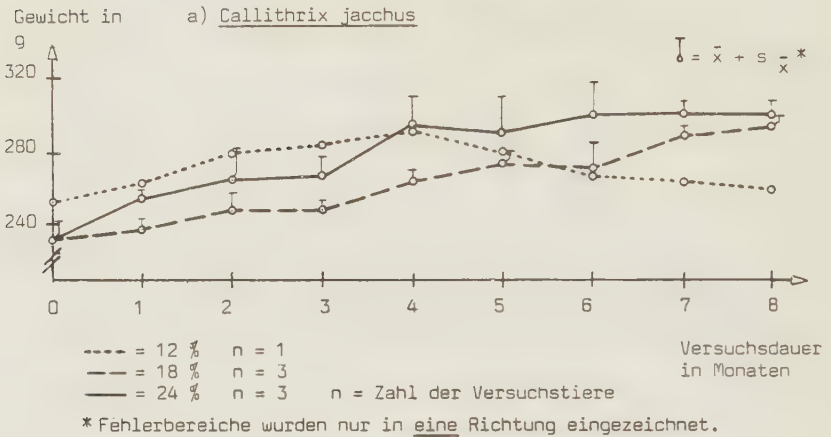


Abb. 3: GEWICHTSENTWICKLUNGEN VON JUNGTIEREN, DIE KURZ VOR ODER WÄHREND DES VERSUCHES GEBOREN WURDEN (CALLITHRIX JACCHUS)

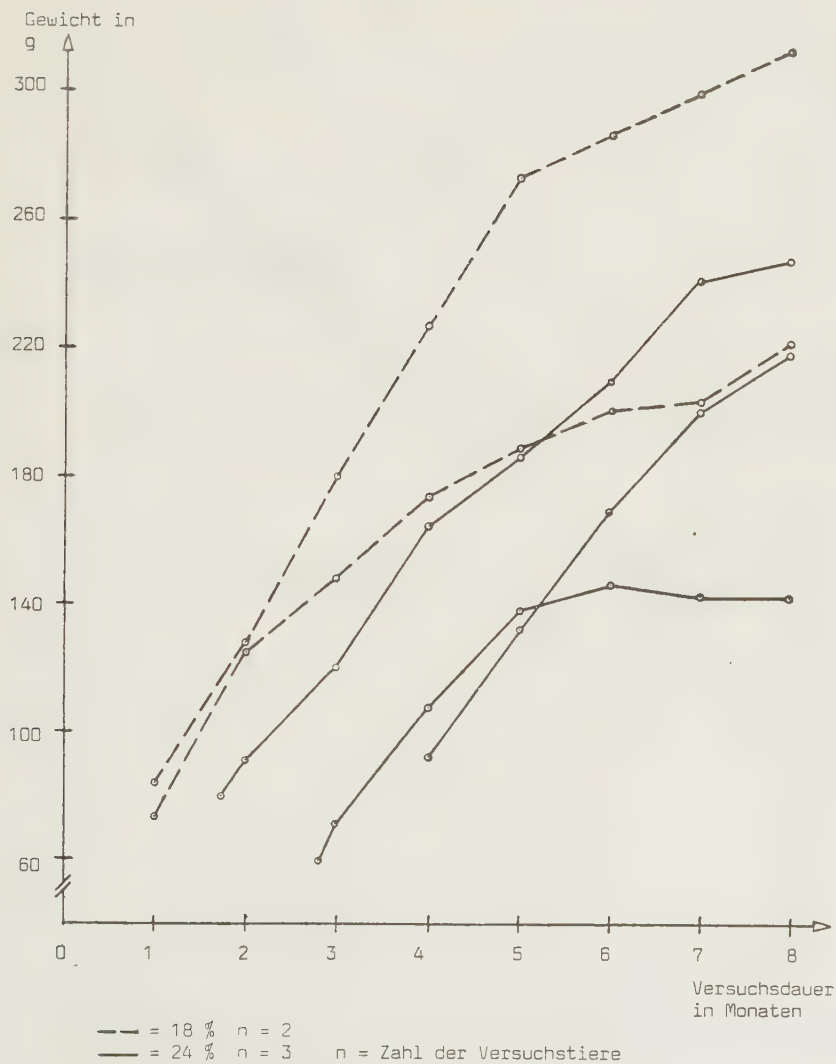
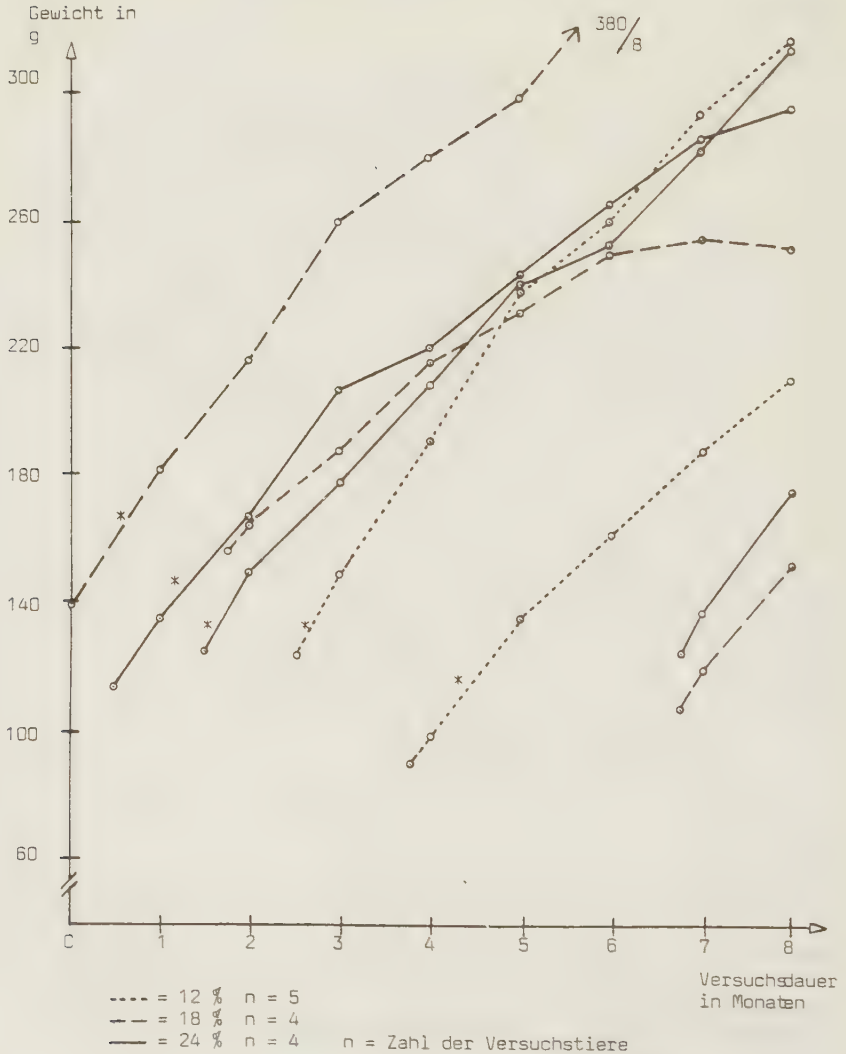
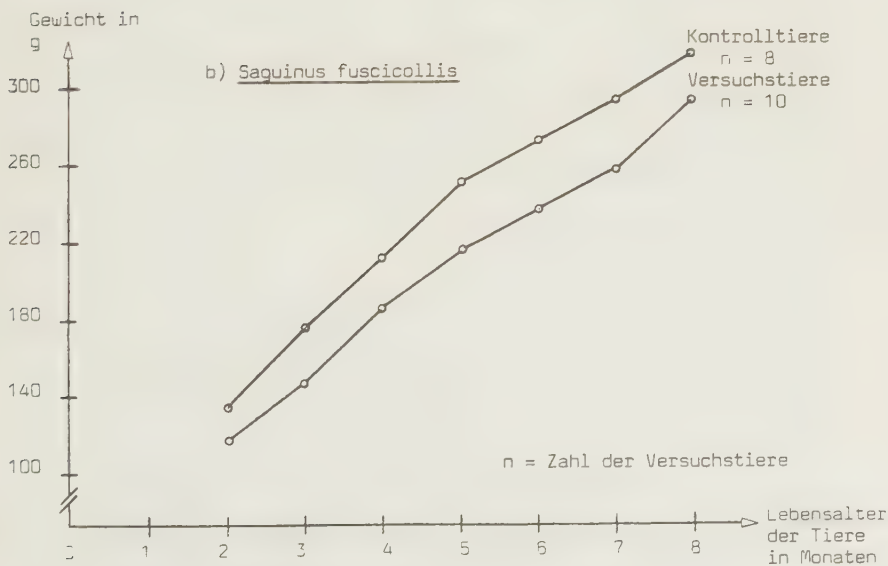
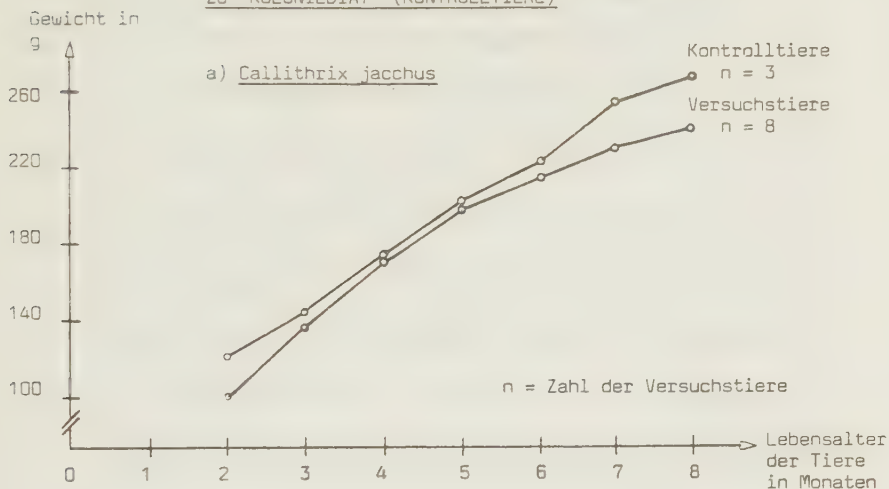


Abb. 4: GEWICHTSENTWICKLUNGEN VON JUNGTIEREN, DIE BIS ZU 3 MONATEN
VOR ODER WÄHREND DES VERSUCHES GEBOREN WURDEN (SAGUINUS
FUSCICOLLIS)



* Kurve beinhaltet Mittelwerte von 2 Tieren (Zwillingen)

Abb. 5: WACHSTUMSVERLAUF VON 2 BIS 8 MONATE ALTEN TIEREN.
VERGLEICH "HALBSYNTHETISCHE DIÄT" (VERSUCHSTIERE)
ZU "KOLONIEDIÄT" (KONTROLLTIERE)



3.2.4 Blutanalysen

Die Blutentnahmen wurden an mehreren Tagen durchgeführt. Die Proben wurden von jeweils gleichvielen Tieren jeder Diät pro Tag entnommen, damit sich eventuelle Tagesschwankungen auf alle drei Diäten gleichmäßig verteilten. Die Ergebnisse der Serumanalysen sind in den Tabellen 13a und 13b zusammengestellt. Sie beinhalten die Werte von Tieren der Spezies *Callithrix jacchus* ab 15 Monate und der Spezies *Saguinus fuscicollis* ab 14 Monate. Die Werte von 5 Tieren letztgenannter Spezies wurden weggelassen, da sie zum Zeitpunkt der Blutabnahme Durchfall hatten und einige Werte dadurch verändert waren (siehe 3.2.6). Auch stark hämolytische Seren wurden nicht mitberücksichtigt. Die schwankende Anzahl der untersuchten Proben innerhalb einer Diät ist mit der teilweise ungenügenden Serummenge zu erklären. Zum Vergleich sind die Labornormwerte des Menschen mit angegeben. Die Abbildungen 6a und 6b zeigen die Beziehung zwischen den ermittelten einzelnen Harnstoff-N-Werten zum Proteingehalt im Futter.

In Tabelle 14 sind die Werte von den Jungtieren im Alter von 8 bis 11 Monaten zu sehen. Die alkalische Phosphatase liegt bei den jungen Tamarins um mindestens das Fünffache höher als die Durchschnittswerte bei den Erwachsenen der jeweiligen Diät. Die drei Jungtiere von *Callithrix jacchus* zeigen dagegen nur eine leichte Erhöhung. Große Schwankungen bei diesem Enzym

von 142 bis 1874 U/l sind bei den adulten Tieren dieser Spezies vorhanden. Untersuchungen dieser Werte auf eine Beziehung zwischen ihnen und dem Alter der Tiere bzw. dem Ca-Gehalt des Blutes ergaben folgende Ergebnisse: Tiere älter als 30 Monate zeigten nur dann hohe Phosphatase-Werte, wenn gleichzeitig ein niedriger Ca-Wert vorlag (Abb. 7). Bei jüngeren Tieren ließ sich jedoch weder eine eindeutige Beziehung von alkalischer Phosphatase zum Alter noch zum Ca-Spiegel im Serum feststellen. Lediglich die beiden höchsten Werte von 1874 U/l und 1821 U/l korrelierten mit niedrigen Ca-Werten (2,8 und 4,1 mVal/l).

Zum Vergleich zu den in diesem Versuch erhaltenen Werten sind in Tabelle 15 einige Angaben aus der Literatur zusammengestellt.

Tabelle 13a: DURCHSCHNITTICHE BLUTWERTE (SFR(N)) NACH 8 MONATEN VERSUCH ***

Zahl d. unters. Seren n	fl.weiß- konzentr. i. Futter	Harn- stoff-N mg/100 ml	Krea- tinin mg/100 ml	Harn- säure mg/100 ml	Gesamt- eiweiß g/100 ml	Alb./ Glob.	alk. Phos.	Ca ⁺⁺ mVal/l	GOT	GPT	γ-GT
10-12	12 %	15,1 +4,1	0,5 +0,1	0,7 +0,5	5,3 +1,2	1,5 +0,2	718 +617	4,4 +0,7	68 +17	5,0 +6,3	2,0 +2,0
9-14	18 %	20,3* +4,9	0,6 +0,1	1,0 +0,7	5,7 +1,2	1,7 +0,4	481 +458	4,9 +0,6	86 +46	9,0 +8,0	2,2 +3,2
9-13	24 %	24,6 +4,7	0,5 +0,1	1,0 +0,5	5,8 +1,2	1,7 +0,3	500 +489	4,6 +0,5	64 +15	5,6 +3,9	1,4 +1,3
11-13	12 %	12,0 +3,7	0,6 +0,1	1,2 +0,5	6,6 +0,6	1,5 +0,2	270 +149	5,1 +0,3	66** +16	---	2,5 +1,3
13-15	18 %	13,2 +3,9	0,5 +0,1	1,4 +0,6	6,2 +1,3	1,3 +0,3	210 +129	5,2 +0,4	77* +25	---	2,7 +2,4
10-15	24 %	20,6 +7,7	0,6 +0,1	1,1 +0,7	6,6 +1,4	1,4 +0,3	240 +143	5,4 +0,7	77 +18	---	2,0 +1,5
Labornormwerte Mensch		9,3-23,4	0,7-1,2	3,0-7,6	6,5-8,5	1,5-2,5	60-190	4,3-5,3	≤ 19,0	≤ 24,0	≤ 28

* n = 8; ** n = 6

*** Die Untersuchungen wurden von Prof.Dr.Horn in der Medizinischen Klinik Innenstadt, München durchgeführt.

Zahl d. unters. Seren n	Eiweißkonzentr. i. Futter	LDH U/l	Cholinesterase KU/l	Kreatinin-kinase U/l	Tri-glyceride mg/100 ml	Cholesterin mg/100 ml	Blut-zucker mg/100 ml	Na ⁺ mVal/l	K ⁺ mVal/l	Phosphat-P mg/100 ml
10-12	12 %	281 + 68	2,6 + 0,9	251 + 152	104 + 14	244 + 90	149 + 40	148 + 3	3,2 + 0,7	---
9-14	18 %	273 + 231	3,2 + 1,5	289 + 263	104 + 33	226 + 66	180 + 66	148 + 6	3,9 + 0,9	---
9-13	24 %	365 + 150	2,1 + 0,9	266 + 156	128 + 37	164 + 81	126 + 38	148 + 8	4,2 + 0,6	---
11-13	12 %	---	---	---	---	---	---	153 + 7	4,8 + 0,7	8,0* + 2,3
15	18 %	---	---	---	---	---	---	156 + 10	4,9 + 1,2	8,7** + 2,6
15	24 %	---	---	---	---	---	---	151 + 8	5,4 + 1,3	8,6*** + 2,9
Labornormwerte Mensch		80-240	3-8	10-80	50-200	≤ 260	63-100	135-150	3,8-5,4	2,5-4,8

* n = 6; ** n = 8; *** n = 10

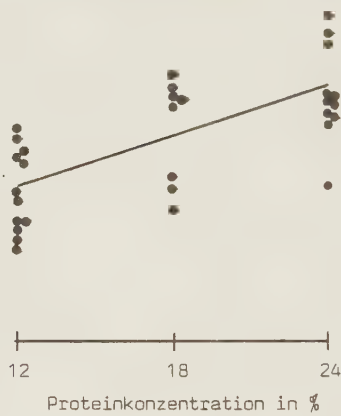
**** Die Untersuchungen wurden von Prof. Dr. Horn in der Medizinischen Klinik Innenstadt, München durchgeführt.

Abb. 6: BEZIEHUNG ZWISCHEN HARNSTOFF-N-WERTEN IM SERUM UND
EIWEISSKONZENTRATIONEN IM FUTTER

Harnstoff-N
mg/100 ml



a) Callithrix jacchus



Harnstoff-N
mg/100 ml



b) Saguinus fuscicollis

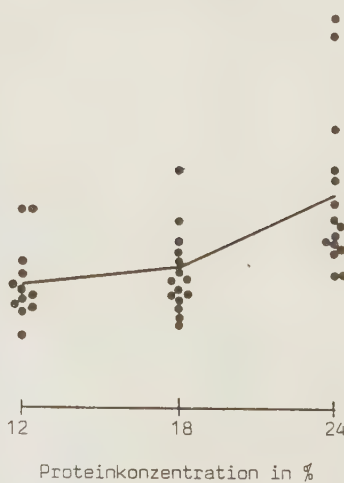


Tabelle 14: BLUTWERTE VON JUNGTIEREN (SEREN) *

Tier- zahl	Alter der Tiere in Monaten	Eiweiß- konzentr. i. Futter	Harn- stoff-N mg/100 ml	Gesamt- eiweiß g/100 ml	Alb./ Glob.	alk. Phosph. U/l	Ca ⁺⁺ mVal/l
1 2 Calithrix jacchus	8	18 %	17,3	7,4	2,1	778	6,4
	8	24 %	30,9	5,9	1,4	663	5,7
	8		32,2	5,6	2,0	667	4,4
2 2 4 Saguinus fuscicollis	8	12 %	19,6	5,4	1,6	1449	4,9
	8		14,7	5,6	1,5	1400	5,5
	11	18 %	16,7	6,1	1,4	1216	5,9
	11		16,6		1,4	2087	---
	9	24 %	43,6	7,4	1,7	1389	6,9
	9		25,8	7,3	1,9	1499	6,1
	11		16,0	5,4	1,6	1107	5,5
	11		22,0	5,6	1,7	1288	5,7
	Labornormwerte junger Mensch		9,3-23,4	6,5-8,5	1,5-2,5	bis 702	5,0-5,8

* Die Untersuchungen wurden von Prof.Dr.Horn in der Medizinischen Klinik Innenstadt, München durchgeführt.

Abb. 7: BEZIEHUNG ZWISCHEN ALKALISCHER PHOSPHATASE UND Ca-GEHALT
IM SERUM BEI CALLITHRIX JACCHUS (≥ 30 MONATE)

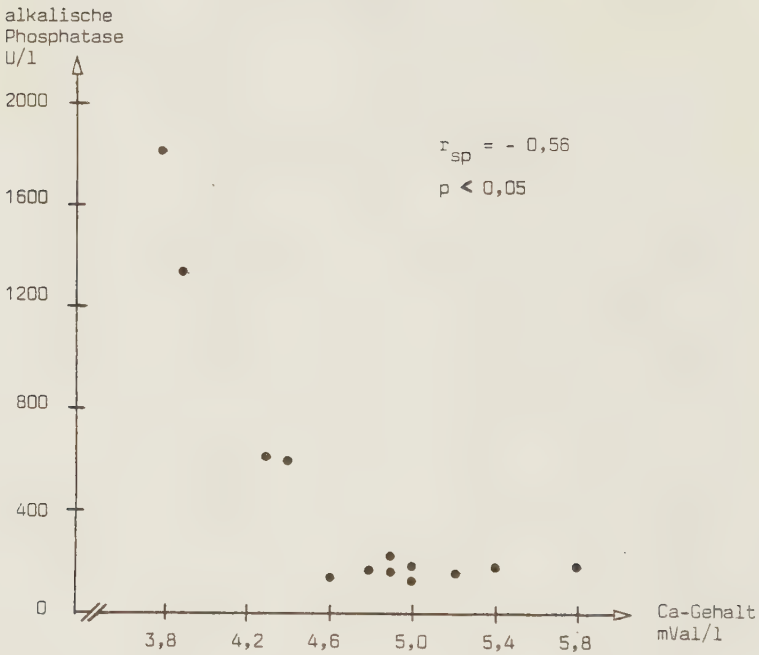


Tabelle 15: BLUTWERTE EINIGER KRALLENAFFENARTEN

Tierspezies	Harnstoff-N mg/100 ml	Gesamt- Eiweiß g/100 ml	Alb./ Glob.	alk. Phosph. u/l	Ca ⁺⁺ mg/100 ml*	Quelle
Callithrix jacchus	5,0 - 32,4	5,6 - 8,2		73 - 335	8,2 - 13,4	(HIDDLESTON, 1975)
Callithrix jacchus	8,7	7,15		199		(STODALL, 1978)
Saguinus fuscicollis	18 ± 7,4	7,4 ± 0,4	1,2±0,4	153 ± 35	9,3 ± 0,5	(ESCAJADILLO, 1981)
Saguinus oedipus	5 - 17			60 - 666	8,9 - 11,1	(HOLMES, 1967)

* Umrechnungsfaktor von mg/100 ml auf mVal/l: 0,5

3.2.5 Reproduktionsgeschehen

Einen Überblick über die Geburten, die in der Versuchszeit stattfanden, gibt Tabelle 16 wieder.

Callithrix jacchus

Die vier Geburten in der Diät mit 12 % Rohprotein stammten von drei verschiedenen Weibchen, ebenso die fünf Geburten in der Diät mit 24 % Rohprotein. Ein weibliches Tier in der Diät mit 18 % Rohprotein erkrankte bald nach Versuchsbeginn und fiel für die Reproduktion aus. Bei einigen Neugeborenen beruht die Einteilung zu den Totgeburten nur auf Vermutungen. Eine Lungenschwimmprobe konnte nicht durchgeführt werden, da diese Jungtiere fast ganz von ihren Eltern aufgefressen worden waren.

Die Geburtsgewichte der Jungtiere, die die ersten Tage nicht überlebten, betrugen, soweit ermittelbar, in der Diät mit 12 % und mit 24 % Rohprotein 31 bzw. 32 g bei Zwillingsgeburten. Das entspricht ca 9 % des Durchschnittsgewichts der Eltern. Abort trat nur bei einem Tier auf.

Saguinus fuscicollis

In der Diät mit 12 % Rohprotein stammten die sechs Geburten von vier verschiedenen Weibchen. Bei drei von ihnen handelt es sich um Wildfänge, die in dieser Kolonie ihre erste Geburt hatten. Bei den anderen Diäten ist die Anzahl der Geburten mit der weiblicher Tiere identisch.

Auffallend ist die niedrige Überlebensrate der Jungtiere von Erstgebärenden. Von 14 geborenen Tieren überlebten nur sechs die erste Woche.

Die Geburtsgewichte von Zwillingsjungtieren, die kurz nach der Geburt starben, betrugen in den Diäten mit 18 % und 24 % Rohprotein 36 bzw. 34 g pro Tier. Das entspricht jeweils ca. 10 % des Durchschnittsgewichtes der Elterntiere. Ein einzeln geborenes Tier in der Diät mit 18 % Rohprotein wog 36 g, eines in der Diät mit 24 % Rohprotein 44 g, das sind 10 bzw. 12 % der Elterngewichte. Die Gewichte von Jungtieren in der Diät mit 12 % Rohprotein, die vermutlich tot geboren wurden oder in den ersten Tagen nach der Geburt starben, liegen mit einem Durchschnitt von 7,1 % der Elterngewichte und einem durchschnittlichen absoluten Gewicht von 24 g bei Zwillingsgeburten sehr niedrig. Ein Abort und eine Früh-Totgeburt kamen bei einem Weibchen in der Diät mit 24 % Rohprotein vor, das allerdings zwei Monate vor Versuchsbeginn schon einmal abortiert hatte.

Tabelle 16: GEBURTEN WÄHREND DER VERSUCHSZEIT

Tierspezies	Callithrix jacchus			Saguinus fuscicollis		
	12 %	18 %	24 %	12 %	18 %	24 %
Proteinkonzentration						
Anzahl der Geburten	4	1	5	6	5	6
Geburten bei Erstgebärenden **	1	-	2	3	2	2
Geburten mit 1 Jungtier	-	-	1	-	2	2
Zwillingsgeburten	4	-	2	6	3	4
Drillingsgeburten	-	1	2	-	-	-
Totgeburten	1*	-	1(+1*)	2*	1	-
Jungtiere, die in der ersten Woche starben	3	2	3	5	1	1
Überlebende / Lebendgeborene	4/7	1/3	6/9	5/10	6/7	9/10

* Zuteilung zu "Totgeburt" nur mutmaßlich (Lungenschwimmprobe konnte nicht durchgeführt werden, siehe Text).

** Bei Saguinus fuscicollis: erste Geburt in der Kolonie

3.2.6 Krankheits- und Todesfälle

Callithrix jacchus

Die in der Versuchszeit gestorbenen Tiere sind in Tabelle 17 aufgeführt. Eine Häufung von Todesfällen oder bestimmten Sektionsbefunden bei einer der drei Diäten ist nicht vorhanden. Die röntgenologisch diagnostizierten Osteoporosen, die aufgrund der Röntgenbefunde von einer Osteomalazie nicht unterschieden werden konnten, zeigten auch nach Erhöhung des Ca- und P-Gehaltes im Futter auf das Doppelte keine Besserung.

In der Diät mit 18 % und mit 24 % Rohprotein kamen insgesamt 2 Tiere vor, die während des Versuches bis zu 30 % ihres Gewichtes verloren und deshalb vorzeitig aus dem Versuch genommen werden mußten. Die Ursache für die Gewichtsabnahmen konnte nicht geklärt werden. Die gemessenen Verzehrdaten der beiden Tiere lagen überdurchschnittlich hoch. Nach Umstellung auf die Koloniediät erholten sich die Tiere schnell wieder.

Saguinus fuscicollis

Die in dieser Spezies vorgekommenen Todesfälle sind in Tabelle 18 angegeben. Ein Zusammenhang zwischen den Diäten und den Todesursachen ist nach den Sektionsbefunden nicht festzustellen. Die Sektionsbefunde bei

dem 2. Tier in der Blutprobe 12 g Hämoglobin pro 100 ml Blut, was sich auf 12 g Hämoglobin pro 100 ml Blut ausrechnet. Diese Werte liegen im Bereich der Norm. Bei dem 3. Tier betrug der Hämoglobingehalt 10 g pro 100 ml Blut, was ebenfalls im Bereich der Norm liegt. Die Werte für die Erythrozytenzahl und die Hämoglobinkonzentration liegen ebenfalls im Bereich der Norm. Es ist zu bemerken, dass die Erythrozytenzahl bei dem 2. Tier etwas niedriger war als bei dem 1. Tier.

In der Blutprobe 12 g Hämoglobin pro 100 ml Blut, was sich auf 12 g Hämoglobin pro 100 ml Blut ausrechnet. Diese Werte liegen im Bereich der Norm. Bei dem 3. Tier betrug der Hämoglobingehalt 10 g pro 100 ml Blut, was ebenfalls im Bereich der Norm liegt. Die Werte für die Erythrozytenzahl und die Hämoglobinkonzentration liegen ebenfalls im Bereich der Norm. Es ist zu bemerken, dass die Erythrozytenzahl bei dem 2. Tier etwas niedriger war als bei dem 1. Tier.

In der Blutprobe 12 g Hämoglobin pro 100 ml Blut, was sich auf 12 g Hämoglobin pro 100 ml Blut ausrechnet. Diese Werte liegen im Bereich der Norm. Bei dem 3. Tier betrug der Hämoglobingehalt 10 g pro 100 ml Blut, was ebenfalls im Bereich der Norm liegt. Die Werte für die Erythrozytenzahl und die Hämoglobinkonzentration liegen ebenfalls im Bereich der Norm. Es ist zu bemerken, dass die Erythrozytenzahl bei dem 2. Tier etwas niedriger war als bei dem 1. Tier.

In der Blutprobe 12 g Hämoglobin pro 100 ml Blut, was sich auf 12 g Hämoglobin pro 100 ml Blut ausrechnet. Diese Werte liegen im Bereich der Norm. Bei dem 3. Tier betrug der Hämoglobingehalt 10 g pro 100 ml Blut, was ebenfalls im Bereich der Norm liegt. Die Werte für die Erythrozytenzahl und die Hämoglobinkonzentration liegen ebenfalls im Bereich der Norm. Es ist zu bemerken, dass die Erythrozytenzahl bei dem 2. Tier etwas niedriger war als bei dem 1. Tier.

Tabelle 17: TODESFÄLLE BEI CALLITHRIX JACCHUS

Protein- konzentration der Diät	Alter	Krankheitsbild/Sektionsbefund bzw. Todesursache
12 %	11 Monate	schlechte Gewichtsentwicklung, Schock- tod nach heftigem Streit, Hypertrophie der Ileumwand
	5 Jahre	Gewichtsabnahme, fibrinöse Peritonitis und Pleuritis, Osteoporose (Röntgenbefund)
18 %	2 1/2 Mon.	sehr schlechte Gewichtsentwicklung (im Alter von 2 1/2 Monaten die Hälfte des Normalgewichtes erreicht), wässrige Diarrhoe, Dilatation des Jejunums, Atrophie der Magen- und Dünndarmwand
	2 Jahre	eitrige Peritonitis, Lunge wenig ventiliert, keine Gewichtsabnahme
	4 Jahre	starke Gewichtsabnahme (bis zu 1/3 des Körpergewichts), zahlreiche Frakturen, Osteoporose (Röntgenbefund)
24 %	15 Monate	starke Gewichtsabnahme, Tod durch Sepsis infolge perforierender Verletzung
	3 Jahre	Gewichtsabnahme, weiße Hepatisation in den Lungenrandbezirken, Todesursache unklar

Tabelle 18: TODESFÄLLE BEI SAGUINUS FUSCICOLLIS

Protein- konzentration	Alter	Krankheitsbild/Sektionsbefund bzw. Todesursache
12 %	erwachs.	Ruptur der Vena cava caud., Tod durch innere Verblutung
	erwachs.	starke Gewichtsabnahme, wässrige Diar- rhoe, Leber und Pankreas von heller Farbe, Galle orangefarben
18 %	15 Monate	Gewichtsabnahme, wässrige Diarrhoe, mehrere Strikturen im Jejunum, Lunge zu einem großen Teil atelek- tatisch
24 %	3 Monate	schlechte Gewichtsentwicklung, seröse Peritonitis, starke Dilatation von Zäkum und Kolon
	4 Monate	fibrinöse Peritonitis mit fibrinöser Ver- bindung von Jejunum mit Kolon, normale Gewichtsentwicklung
	erwachs.	Diarrhoe, jedoch keine Gewichtsabnahme. Leber von hellgrauer Farbe, Jejunum- schleimhaut stark ödematisiert
	erwachs.	starke Gewichtsabnahme, Diarrhoe, schleimiger Magen- und Darminhalt, Lunge zu ca. 1/4 hepatisiert

3.2.7 Kotbeschaffenheit und Kotuntersuchungen

Callithrix jacchus

Die grobsinnliche Untersuchung des Kotes ergab keinen Unterschied in Konsistenz und Farbe zwischen den Diäten. Der Kot zeigte zu 95 % eine feste, geformte Beschaffenheit, zu 5 % war er ungeformt. Die Farbe war gelblich-braun. Nach Beginn des Versuches wurde der Kot bei allen Tieren breiig, normalisierte sich aber wieder nach ca. 2 Tagen. Untersuchungen des Kot-Wasser-Gehaltes ergaben $59,3 \pm 2,3 \%$, $58,1 \pm 3,9 \%$ und $57,1 \pm 3,0 \%$ entsprechend 12 %, 18 % und 24 % Proteingehalt im Futter. Bei einigen Käfigen waren kleine Holzspäne im Kot zu sehen. Diese stammten von den Sitzstangen, an denen manche Tiere häufig herumbissen.

Etwa 4 Monate nach Versuchsbeginn wurde bei 8 Käfigen teilweise grünlicher oder dunkelbrauner Kot beobachtet. Mehrmaliges Testen auf okkultes Blut gab bei dem dunkelbraunen immer, bei dem grünlichen Kot nur bei einem von 5 Käfigen eine positive Reaktion. Nach 4 Monaten war dieses Phänomen bei einem Käfig mit dunkelbraunem Kot wieder verschwunden, der Kot der anderen 3 Käfige zeigte schwächere Reaktionen.

Saguinus fuscicollis

Der Kot dieser Spezies hatte bei den meisten Tieren generell eine weichere Konsistenz als bei *Callithrix jacchus*. Ein Unterschied zwischen den Diäten bestand

nicht. Zu Versuchsbeginn kam es wie bei *Callithrix jacchus* kurzzeitig zu einem breiigen, ungeformten Kotabsatz. Der Kot-Wasser-Gehalt betrug $61,4 \pm 5,5 \%$, $59,5 \pm 4,1 \%$ und $61,8 \pm 5,2 \%$ entsprechend 12 %, 18 % und 24 % Proteingehalt im Futter.

Auch bei dieser Spezies wurde in manchen Käfigen ein grünlicher oder rotbrauner Kot beobachtet. Nach 4 Versuchsmonaten waren von 24 Käfigen 13 aller drei Diäten betroffen, am Ende nur noch 7. Der Hämoccult-Test war bei dem rötlichen Kot ausnahmslos positiv, bei dem grünlichen zu etwa der Hälfte. Kot der üblichen gelb-braunen Farbe zeigte immer ein negatives Testergebnis. Eine Beziehung zwischen okkultem Blut, Kotkonsistenz und Gesundheitszustand bestand nur bei 2 stark positiven Reaktionen. Beide Tiere hatten Durchfall und verloren an Gewicht.

4. DISKUSSION =====

Die Ergebnisse des Versuches zeigen, daß es möglich ist, Tiere der Spezies *Callithrix jacchus* und *Saguinus fuscicollis* acht Monate lang mit Diäten zu ernähren, deren Proteinkonzentrationen wesentlich unter den bisher üblicherweise empfohlenen und als bewährt geltenden liegen. Bei einigen Kriterien gab es zwischen den mit unterschiedlichen Eiweißmengen versorgten Tiergruppen proteinabhängige oder speziesspezifische Unterschiede, auf die in dieser Diskussion noch näher eingegangen werden wird.

Die Verdaulichkeitsuntersuchungen zeigten eine für halbsynthetische Diäten niedrige scheinbare Verdaulichkeit der Futtertrockensubstanzen (siehe Tabelle 9). Die Ursache dafür ist nicht bekannt. Die wahre Verdaulichkeit des Futters liegt allerdings höher als die in der Tabelle angegebene scheinbare Verdaulichkeit. Ungeklärt ist, warum die Tiere der Spezies *Saguinus fuscicollis* eine gering, aber signifikant höhere Verdaulichkeit aufweisen als Tiere der Spezies *Callithrix jacchus*. Ergebnisse aus früheren Verdaulichkeitsuntersuchungen mit "natural ingredient diets" + Banane an diesen beiden Spezies zeigten keine tierartlichen Unterschiede (MAGG, 1981). Diese Versuche wurden jedoch an nur jeweils 3 bis 4 Versuchseinheiten der beiden Tierarten durchgeführt.

Die scheinbare Verdaulichkeit von Lactalbumin war bei beiden Tierspezies gleich. Sie stieg mit zunehmender Proteinkonzentration an, da bei steigendem Eiweißgehalt der Diäten der Darmverluststickstoff weniger ins Gewicht fällt.

Die scheinbare Energieverdaulichkeit war entsprechend der Verdaulichkeit der Futtertrockensubstanz bei *Saguinus fuscicollis* höher als bei *Callithrix jacchus*. Bei früheren Versuchen lagen die Energieverdaulichkeitswerte um 1 bis 2 % über den Futterverdaulichkeitswerten (KROMBACH, 1981), in der vorliegenden Arbeit um 2 bis 4 %. Dies dürfte mit dem höheren Energiegehalt der Diäten in diesem Versuche zusammenhängen.

Der Verzehr der Diäten war bei *Saguinus fuscicollis* absolut, aber auch prozentual auf das Körpergewicht bezogen höher als bei *Callithrix jacchus* (siehe Tabelle 10 und 11). Dies ist auffällig, da Tiere der Spezies *Saguinus fuscicollis* im Durchschnitt größer sind als Tiere der Spezies *Callithrix jacchus* und somit ein niedrigerer Grundumsatz pro Einheit Körpergewicht zu erwarten ist.

Mit zunehmender Proteinkonzentration sinkt der Verzehr bei *Callithrix jacchus*. Dies ist nicht auf den unterschiedlichen Energiegehalt der Diäten zurückzuführen. Zwar liegt der Bruttoenergiegehalt bei der Diät mit 24 % Rohprotein wegen des höheren Eiweißgehaltes um

5,8 % über dem der Diät mit 12 % Rohprotein (siehe Tabelle 7), der Unterschied in der Nettoenergie dürfte jedoch nahezu null sein. Im Vergleich zu anderen Versuchen in der Kolonie (FLURER, 1981) ist der Verzehr in diesem Versuch niedrig. Dies ist mit dem hohen Energiegehalt der Diäten zu erklären.

Die Energieaufnahme betrug zwischen 182 und 201 kcal Bruttoenergie/kg KGW/Tag bei *Callithrix jacchus* bzw. 273 und 303 kcal Bruttoenergie bei *Saguinus fuscicollis*. In diese Werte gehen zu einem sehr geringen Anteil auch Jungtiere mit ein. Wegen der Ungenauigkeiten in der Bestimmung des Futterverzehrs, sind diese Angaben jedoch nur als Anhaltspunkte anzusehen.

Über den Energiebedarf von Krallenaffen liegen bis jetzt noch keine Werte vor. Bei den wenigen Autoren, die eine Angabe über die Kalorienaufnahme machen, wird jedoch zum Teil nicht erwähnt, um welche Energiestufe (Brutto-, verdauliche, umsetzbare oder Nettoenergie) es sich handelt, und somit fehlt die Berechnungsgrundlage. KING (1975) ermittelte als täglichen Energiebedarf für adulte Marmosets und Tamarins (*Saguinus oedipus*) 151 kcal/kg KGW. NICOLOSI und HUNT (1979) geben für erwachsene Totenkopffaffen einen Bereich von 100 bis 300 kcal/kg KGW/Tag an. Bei beiden Autoren fehlt jedoch der Hinweis, welche "Energie" gemeint ist.

Bei der Körpergewichtsentwicklung der erwachsenen Tiere ist auffallend, daß diese während des Versuches noch zunahm, und die Gewichte erst gegen Ende der Versuchszeit

wieder abfielen (siehe Abb. 1). Dies trifft vor allem für *Callithrix jacchus* zu. Die Tiere der Spezies *Saguinus fuscicollis* zeigten generell größere Gewichtskonstanz, sowohl bezüglich individueller Gewichtsänderungen als auch in Bezug auf den Verlauf der Durchschnittsgewichte über die gesamte Versuchszeit.

Der Grund für diese Veränderungen könnte in saisonalen Zu- und Abnahmen liegen. Es kann aber auch nicht ausgeschlossen werden, daß eine zu hohe Futteraufnahme der süßen und energiereichen Diäten zu einem Fettansatz bei den Tieren geführt hat, obwohl die gemessenen Verzehrswerte nicht darauf hinweisen. AUSMAN et al. (1981) stellten in einer Langzeitstudie an Totenkopffaffen fest, daß es bei Verfütterung von halbsynthetischen Diäten mit dem Einsetzen der sexuellen Reife zu einer Verfettung der Tiere kam. Als Ursache wurde ein übermäßig hoher Futtermittelverzehr der schmackhaften Diäten ermittelt. Für Tiere vor der Pubertät und auch für Kapuzineraffen trafen diese Beobachtungen jedoch nicht zu.

In den letzten Versuchswochen wurden die Tiere wegen der Blutentnahmen häufig herausgefangen und durch Urin- und Kotsammlungen war in den Ställen eine erhöhte Unruhe entstanden. Eventuell könnten auch diese Aufregungen zu den Gewichtsabnahmen gegen Versuchsende geführt haben.

Die Gewichtsänderungen waren nach 8 Monaten bei den Tieren aller drei Diäten im Durchschnitt zwar gleich groß, jedoch mußten während des Versuches bei *Callithrix jacchus* mehr Tiere in der Diät mit 12 % Rohprotein als in den beiden anderen Diäten wegen Gewichtsabnahmen ständig im Auge behalten werden.

In den Darstellungen der Gewichte juveniler Tiere (zwischen 6 und 9 1/2 Monaten zu Versuchsbeginn) bleibt das einzige juvenile Tier in der Diät mit 12 % Rohprotein bei *Callithrix jacchus* hinter den Tieren der anderen Diäten in seiner Gewichtsentwicklung zurück. (siehe Abb. 2a). Da es sich jedoch um nur ein Tier handelt, kann dies auch Zufall sein. Die Kurven der Tiere der beiden Diäten mit höherem Proteingehalt unterscheiden sich nicht wesentlich. Bei *Saguinus fuscicollis* zeigt das einzige Tier dieser Altersgruppe, das die Diät mit 12 % Rohprotein erhielt, eine gleichgute Entwicklung wie andere Tiere dieses Alters aus der Diät mit 24 % Rohprotein (siehe Abb. 2b).

Tiere der Spezies *Callithrix jacchus*, die kurz vor oder erst während des Versuches geboren wurden, ließen keinen Unterschied in der Gewichtsentwicklung zwischen den beiden Diäten mit höherem Proteingehalt erkennen (siehe Abb. 3). Die Entwicklungen von drei Jungtieren aus der Diät mit 12 % Rohprotein wurden nicht in diese Darstellungen einbezogen, da sie erst sehr spät im Ver-

such geboren wurden und bis Versuchsende noch keine Gewichtsdaten vorlagen. Zwei von ihnen konnten jedoch im Hinblick auf ihren Proteinbedarf noch eine Weile weiter beobachtet werden, da sie über die hier beschriebene Versuchszeit hinaus mit der Diät mit 12 % Rohprotein ernährt wurden. Sie zeigten bis zu einem Vierteljahr nach Versuchsende eine sehr gute Entwicklung. Die Wachstumskurven der Jungtiere von *Saguinus fuscicollis* laufen in den drei Diäten bis auf eine Ausnahme fast parallel. (siehe Abb. 4). Ein Tier, das mit 18 % Rohprotein ernährt wurde, zeigt vom 4. Lebensmonat an eine etwas schlechtere Entwicklung.

Bei *Saguinus fuscicollis* lagen die Anfangsgewichte von Jungtieren, die die Koloniediät (ca. 25 % Proteingehalt) erhielten, etwas höher als bei Tieren, die mit der halbsynthetischen Diät ernährt wurden. (siehe Abb. 5b). Der Wachstumsverlauf war jedoch bei Versuchs- und Kontrolltieren gleich. Bei *Callithrix jacchus* ist eine Beurteilung der Vergleichskurve wegen der geringen Zahl der Kontrolltiere schwierig (siehe Abb. 5a).

Seit Versuchsende werden fast alle Versuchstiere wieder mit einer Koloniediät ernährt, die ca. 25 % Protein enthält. Nach 10 Wochen hatten die erwachsenen Tiere der Spezies *Callithrix jacchus* 5,8 % zugenommen, bei *Saguinus fuscicollis* war das durchschnittliche Gewicht der erwachsenen Tiere gleich geblieben.

Die Blutuntersuchungen ergaben außer bei den Harnstoff-N-Werten keine proteinabhängigen signifikanten Unterschiede bei den Parametern, die eine Beeinflussung durch die Proteinzufuhr erwarten lassen. Tierartliche Unterschiede waren vorhanden. Es ist nicht bekannt, ob diese tatsächlich bestanden oder durch Faktoren wie zum Beispiel das Alter bedingt wurden.

Harnstoff als ein Endprodukt des Eiweißstoffwechsels steigt mit zunehmender Proteinzufuhr an. Der Anstieg der Harnstoff-N-Werte im vorliegenden Versuch war signifikant ($p \leq 0,001$). Die Werte waren bei Tieren der Spezies *Saguinus fuscicollis* niedriger als bei *Callithrix jacchus* ($p \leq 0,001$).

Bei Eiweißmangelernährung wird durch einen vermehrten Abbau von Muskeleiweiß die Neubildung der Plasmaproteine zunächst aufrecht erhalten. Erst bei länger dauerndem Mangel fällt das Plasmaeiweiß merklich ab, namentlich die Albuminfraktion. In vorliegendem Versuch unterschieden sich der Gesamteiweißgehalt und der Albumin-Globulin-Quotient nach achtmonatiger Versuchsdauer bei den drei Diäten nicht. Das Serum bei *Callithrix jacchus* enthielt weniger Gesamteiweiß als das bei *Saguinus fuscicollis* ($p \leq 0,001$), jedoch war der Albumin-Globulin-Quotient höher ($p \leq 0,022$). Dies ist einem größeren Globulinanteil bei den Tamarins zuzuschreiben.

Im gesunden Organismus stammt ein Großteil der im Plasma nachweisbaren Aktivität der alkalischen Phosphatase (= AP) aus den Osteoblasten. Die Werte der alkalischen Phosphatase steigen unter anderem bei allen Krankheitsvorgängen, die mit gesteigerter Osteoblasten-tätigkeit einhergehen an (Rachitis, Knochentumoren).

Die Tiere der Spezies *Callithrix jacchus*, die älter als 30 Monate waren, zeigten meist AP-Werte zwischen 150 und 222 U/l. Bei vier höheren Werten bestanden gleichzeitig niedrige Ca-Gehalte unterhalb des Normbereiches des Menschen (siehe Abb. 7 und Tabelle 13a). Bei jüngeren, ausgewachsenen Tieren kamen sehr viel höhere Werte der alkalischen Phosphatase vor, bis zu 1038 U/l. Aus den vorliegenden Werten kann nicht beurteilt werden, ob zwischen den niedrigen Ca-Gehalten, die auch noch bei zwei Jungtieren vorkamen, und dem relativ geringen Vitamin D₃-Gehalt in den Diäten eine Beziehung besteht. Dazu wären mehr Blutuntersuchungen und Röntgenbefunde von Jungtieren notwendig.

Bei *Saguinus fuscicollis* lagen die durchschnittlichen Werte der alkalischen Phosphatase nicht so hoch wie bei *Callithrix jacchus* ($p \leq 0,002$; siehe Tabelle 13a). Sehr hohe AP-Werte (> 1000 U/l) kamen nur bei Jungtieren vor. Der höchste Wert bei den Erwachsenen war 587 U/l. Die Ca-Gehalte lagen immer im Normbereich des Menschen.

Geburten fanden während der Versuchszeit bei allen drei Diäten statt (siehe Tabelle 16). Die Überlebensrate war bei der Diät mit 24 % Rohprotein am größten. Wenn man jedoch berücksichtigt, daß Erstgeburten und besonders gebärfreudige Weibchen nicht gleichmäßig auf die Diäten verteilt waren, läßt das Reproduktionsgeschehen keinen eindeutigen Unterschied zwischen den Proteingehalten im Futter erkennen. Lediglich die Geburtsgewichte von Neugeborenen der Spezies *Saguinus fuscicollis*, die in den ersten Tagen starben, waren in der Diät mit 12 % Rohprotein niedriger als bei den anderen beiden Diäten. Eventuell deutet sich hier eine untere Grenze des Proteinbedarfes an. Versuche an Rhesusaffen zeigten allerdings, daß eine Proteinmangelernährung des Muttertieres keinen Einfluß auf die Geburtsgewichte hatte. (RIOPELLE, 1977).

Die Krankheits- und Todesfälle, die während der Versuchszeit vorkamen, zeigten zahlenmäßig keine Konzentrierung auf eine Diät. Auch die Krankheitssymptome und Todesursachen lassen keinen Zusammenhang mit den Proteinkonzentrationen des Futters erkennen. In jeder Spezies starben während der Versuchszeit 7 Tiere und 2 erkrankten ohne Todesfolge.

Die Kotbeschaffenheit war bei beiden Spezies von den Proteinkonzentrationen des Futters unabhängig. Die positiven Testergebnisse auf okkultes Blut traten

bei allen drei Diäten auf. Da dieses Phänomen erst nach Beginn des Versuches und, bis auf eine Ausnahme, nur bei diesen Versuchstieren und nicht bei der Koloniediät beobachtet wurde, ist ein Zusammenhang mit dem halbsynthetischen Diättyp anzunehmen. Die Ursache könnte in der strukturlosen Konsistenz der Diäten liegen, die zu hämorrhagischen Enteritiden geführt haben könnte.

5. SCHLUSSFOLGERUNGEN
=====

Da die Tiere der Spezies *Callithrix jacchus* und *Saguinus fuscicollis* sehr klein sind, ist zu erwarten, daß eine ungenügende Proteinzufuhr nach kurzer Zeit zu sichtbaren und meßbaren Veränderungen des Organismus führt. Eine Ernährung mit einer Diät, die nur 12 % Eiweiß enthielt, ließ jedoch keine Veränderungen gegenüber 18 und 24 % Protein bei den untersuchten Parametern erkennen. Dieser für Krallenaffen bisher als sehr niedrig eingeschätzte Proteingehalt in der Nahrung scheint für erwachsene und wachsende Tiere ausreichend zu sein. Weitere Ernährungsstudien mit einer noch geringeren Proteinkonzentration in der Diät könnten Aufschluß darüber geben, wo die untere Grenze des Bedarfs erreicht ist.

6. ZUSAMMENFASSUNG
=====

Zur Ermittlung des Proteinbedarfes erhielten Krallenaffen der Spezies *Callithrix jacchus* und *Saguinus fuscicollis* acht Monate lang ausschließlich eine halbsynthetische Diät, deren Proteinkonzentration (Lactalbumin) 12, 18 oder 24 % betrug. Dazu wurden 54 Tiere der Spezies *Callithrix jacchus* und 60 Tiere der Spezies *Saguinus fuscicollis* in je drei annähernd gleiche Gruppen eingeteilt. Die eigens hierfür entwickelte Diät wurde morgens in pelletierter Form und nachmittags zusätzlich als Brei angeboten.

Der Futterverzehr betrug bei *Callithrix jacchus* 4,1 %* des Körpergewichtes, bei *Saguinus fuscicollis* 4,7 %*, wobei kein gerichteter Einfluß der Proteinkonzentration vorlag. Die scheinbare Verdaulichkeit des Lactalbumins betrug bei den höchsten Proteinkonzentrationen für *Callithrix jacchus* und *Saguinus fuscicollis* jeweils 87 %.

Bei den Gewichtsentwicklungen der erwachsenen Tiere traten insgesamt keine Unterschiede bezüglich der drei Proteinkonzentrationen auf. Dies gilt für beide Spezies. Doch fällt auf, daß ein während der Versuchsperiode eintretender geringfügiger Gewichtsanstieg bei der niedrigsten Proteinkonzentration am geringsten

* bezogen auf die lufttrockene Futtermischung mit ca. 95 % Trockensubstanz

ausfiel. Juvenile Tiere (6 bis 9 1/2 Monate bei Versuchsbeginn) zeigten bei allen drei Proteinkonzentrationen einen ähnlichen Wachstumsverlauf. Die Wachstumskurven der während des Versuchs geborenen Tiere weisen einen von der Proteinkonzentration des Futters unabhängigen, weitgehend parallelen Verlauf auf.

Von den zahlreichen untersuchten Blutparametern sind die Harnstoff-N-Werte entsprechend den Proteinkonzentrationen im Futter signifikant verschieden. Hier besteht außerdem ein signifikanter Speziesunterschied. Ein solcher findet sich auch beim Albumin-Globulin-Verhältnis und dem Gesamtproteingehalt. Die beiden Plasmaproteine lassen jedoch keinerlei Einfluß der unterschiedlichen Proteinkonzentrationen erkennen.

Die Werte der alkalischen Phosphatase im Serum, die vor allem bei *Callithrix jacchus* beträchtlich über dem Normalbereich des Menschen liegen, sind bei *Saguinus fuscicollis* signifikant niedriger als bei *Callithrix jacchus*. Die Werte der Jungtiere liegen bei der erstgenannten Spezies um ein Vielfaches über denen der Erwachsenen.

Hinsichtlich Reproduktion, Morbidität und Mortalität läßt sich keine Beziehung zwischen den Proteinkonzentrationen erkennen.

SUMMARY

=====

PROTEIN REQUIREMENT OF TWO MARMOSET SPECIES RECEIVING
A SEMIPURIFIED DIET

The protein requirement of two different marmoset species was evaluated. A semipurified diet with 12, 18 and 24 % protein content (lactalbumine) was tested in 54 animals of the species *Callithrix jacchus* and 60 animals of the species *Saguinus fuscicollis* over a period of 8 months. The composition of the different trial groups was comparable in respect to the number of individuals, age and sex distribution. The diet was developed especially for these tests. It was offered as pelleted diet in the morning and additionally as a mash at noon.

The average consumption was 4,1 %* of body weight for *Callithrix jacchus* and 4,7 %* for *Saguinus fuscicollis*. No correlation existed between the protein content of the diet and food consumption. The apparent digestibility of lactalbumine was 87 % for both species in the group receiving the diet with 24 % protein.

In adult animals there was no correlation between changes in body weight and protein content of the diet. However, a minimal increase of body weight was lowest in the groups which received the diet

* related to the diets mixture with a dry matter of about 95 %

with 12 % protein. Juveniles (6 - 9.1/2 months old at the beginning of the test period) of both species displayed comparable growth rates regardless of the protein content in their diets. Growth curves of offsprings born during the test period ran more or less in parallel independent of the protein content.

A correlation between the protein content of the diet and various blood values, which were determined at the end of the test period, only existed for urea-N. Moreover, species specific differences were observed for urea-N, albumine-globuline-ratio and alkaline phosphatase (AP) as well as age dependent differences in the AP. Young animals of the species *Saguinus fuscicollis* have up to five-fold higher AP-values than adults.

Reproductive performance, morbidity and mortality rates were not influenced by the different protein concentrations of the diet.

7. LITERATURVERZEICHNIS
=====

1. ABBOTT,D.H., 1977
The physical, hormonal and behavioural development
of the common marmoset, *Callithrix jacchus jacchus*.
in: *Biology and Behaviour of Marmosets*. (Eds.:
H.Rothe et al.), Eigenverlag H. Rothe, Göttingen,
pp. 99-106
2. ANDERSON,P.A., D.H.Baker, J.E.Corbin and L.C.Helper,
1979
Biochemical lesions associated with taurine deficiency
in the cat.
J.Anim.Sci., 49, 1227-1234
3. AUSMAN,L.M., K.C.Hayes and D.M. Hegsted, 1972
Protein deficiency and carbohydrate tolerance
of the infant squirrel monkey (*Saimiri sciureus*).
J.Nutr., 102, 1519-1528
4. AUSMAN,L.M. and K.C.Hayes, 1974
Vitamine E deficiency anemia in old and new world
monkeys.
Am.J.Clin.Nutr., 27, 1141-1151
5. AUSMAN,L.M. and D.L.Gallina, 1979
Liquid formulas and protein requirements of nonhuman
primates.
in: *Primates in Nutritional Research*. (Ed.: K.C.Hayes),
Academic Press, New York, pp. 39-57
6. AUSMAN,L.M., D.L.Gallina, K.W.Samonds and D.M.Hegsted,
1979
Assessment of the efficiency of protein utilization
in young squirrel and macaque monkeys.
Am.J.Clin.Nutr., 32, 1813-1823
7. AUSMAN,L.M., K.M.Rasmussen and D.L.Gallina, 1981
Spontaneous obesity in maturing squirrel monkeys
fed semipurified diets.
Am.J.Physiol., 241, R 316 - R 321
8. BOWEN,W.H., 1973
The effect of fluorid and molybdate on caries activity
in monkeys (*Macaca fascicularis*).
Brit.dent.J., 135, 489-493
9. BURGER,I.H., S.E. Blaza and P.T.Kendall, 1981
The protein requirement of adult cats.
Proc.Nutr.Soc., 40, 102a

10. CALLOWAY, D.H. and S. Margen, 1971
Variation in endogenous nitrogen excretion and dietary nitrogen utilization as determinants of human protein requirement.
J.Nutr., 101, 205-216
11. CARROLL, W.E., Y.J. Krider and F.N. Andrews, 1962
Swine production.
McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, pp. 203-246
12. DEPARTMENT OF HEALTH AND SOCIAL SECURITY, 1969
"Recommended intakes of nutrients for the United Kingdom".
Rep. publ. Hlth. med. Subj., London No. 120, HMSO, London.
zitiert nach Whitehead, R.G. 1973
The protein needs of malnourished children.
in: Proteins in Human Nutrition. (Eds.: J.W.G. Porter and B.A. Rolls), Academic Press, London, pp. 103-117
13. DREIZEN, S., B.M. Levy and S. Bernick, 1971
Diet induced jejunal lipodystrophy in the cotton top marmoset (*Saguinus oedipus*).
Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 138, 7-11
14. DREIZEN, S., B.M. Levy and S. Bernick, 1973
Diet-induced atherosclerosis in the marmoset.
Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 143, 1218-1223
15. ERBERSDOBLER, H., 1973
The normal course of digestion of food proteins.
in: Proteins in Human Nutrition. (Eds.: J.W.G. Porter and B.A. Rolls), Academic Press, London, pp. 453-467
16. ERBERSDOBLER, H., 1976
Amino acid availability.
in: Protein Metabolism and Nutrition. (Eds.: D.J.A. Cole et al.), Butterworths, London, pp. 139-158
17. ERBERSDOBLER, H., 1978
Stoffwechselphysiologie der Proteine und Aminosäuren.
Fette + Seifen + Anstrichmittel, Sonderheft, 1978, 508-513
18. ERBERSDOBLER, H., 1981
Zur Übertragbarkeit ernährungsphysiologischer Daten aus Tierversuchen auf den Menschen.
Ernährungsumschau, 28, 15-19 und 62
19. ESCAJADILLO, A., R.T. Bronson, P. Sehgal and K.C. Hayes, 1981
Nutritional evaluation in cotton top tamarins (*Saguinus oedipus*).
Lab. Anim. Sci., 31, 161-165
20. FLEAGLE, J.G. K.W. Samonds and D.M. Hegsted, 1975
Physical growth of cebus monkeys, *Cebus albifrons* during protein or calorie deficiency.
Am. J. Clin. Nutr., 28, 246-253

21. FLURER, C., 1981
Untersuchungen zur Eignung verschiedener Proteinquellen bei Krallenaffen.
Med.vet. Dissertation, München
22. FOOD and Agriculture Organization, 1957
Protein requirements. Nutrition Studies, No. 16,
Food and Agricultural Organization of the United Nations.
zitiert nach Hegsted, D.M., 1964
Protein requirements.
in: Mammalian protein metabolism. (Eds.: H.N.Munro and J.B.Allison), 2, Academic Press, New York, pp. 135-171
23. FOOD and Agriculture Organization/World Health Organization, 1973
Energy and protein requirements. Report of a Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee (Technical Report Series No. 522) Genf.
zitiert nach Garza, C., N.S.Scrimshaw and V.R.Young, 1976
Human protein requirements: the effect of variations in energy intake within the maintenance range.
Am.J.Clin.Nutr., 29, 280-287
24. GARCIA, F.C. 1976
Primate husbandry and reproduction.
in: First Inter-American Conference in Conservation and Utilization of American Nonhuman Primates in Biomedical Research, Lima, 1975.
Pan American Health Organization, Scientific Publication No. 317, 1976, pp. 51-64
25. GARZA, C., N.S.Scrimshaw and V.R.Young, 1976
Human protein requirements: the effect of variations in energy intake within the maintenance range.
Am.J.Clin.Nutr., 29, 280-287
26. HAGEMANN, E. und G.Schmidt, 1960
Ratte und Maus.
Walter de Gruyter & Co., Berlin, pp. 27-30
27. HAMPTON, J.K.jr., S.H.Hampton and B.T.Landwehr, 1966
Observations on a successful breeding colony of the marmoset, *Oedipomidas oedipus*.
Folia primat., 4, 265-287
28. HARRIS, R.S., 1970
Natural versus purified diets in research with nonhuman primates.
in: Feeding and Nutrition of Nonhuman Primates. (Ed.: R.S.Harris), Academic Press, New York, pp. 251-262
29. HAYES, K.C., 1976
A review on the biological function of taurine.
Nutrition Reviews, 34, 161-165

30. HEGSTED, D.M., 1964
Protein requirements.
in: Mammalian Protein Metabolism. (Eds.: H.N. Munro
and J.B. Allison), 2, Academic Press, New York, pp.
135-171
31. HEGSTED, D.M., 1977
Safe allowance of protein (letter).
Am.J.Clin.Nutr., 30, 465-466
32. HERSHKOVITZ, P., 1977
Living New World Monkeys, Vol. I
University of Chicago Press
33. HIDDLESTON, W.A., 1975
The production of the common marmoset, *Callithrix*
jacchus, as a laboratory animal.
in: Recent Advances in Primatology. (Eds.: D.J.
Chivers and W. Lane-Petter), 2, Academic Press,
New York, pp. 173-181
34. HIGGINS, E.S., D. Richert and W.W. Westerfeld, 1956
Molybdenum deficiency and tungstate inhibition
studies.
J.Nutr., 59, 539-559
35. HOCK, A. and A. Püschner, 1966
Aminosäurenstoffwechsel und Nahrungsbedarf.
in: Vergleichende Ernährungslehre des Menschen
und seiner Haustiere (Hrsg.: A. Hock), Gustav
Fischer Verlag, Stuttgart, 281-321
36. HOLMES, A.W., M. Passovoy and R.B. Capps, 1967
Marmosets as laboratory animals.
III. Blood chemistry of laboratory-kept marmosets
with particular attention to liver function and
structure.
Lab.An.Care, 17, 41-47
37. HOLSTEIN, A.B., 1979
Modelluntersuchungen über die Bildung von Lysino-
alanin bei Hitzebehandlung von Proteinen.
Med.vet.Dissertation, München
38. HUNT, R.D., F.G. Garcia and D.M. Hegsted, 1967
A comparison of vitamin D₂ and D₃ in New World
Primates. I. Production and regression of osteo-
dystrophia fibrosa.
Lab.An.Care, 17, 222-234
39. IGLESIA, F.A. de la, E.A. Porta and W.S. Hartroft, 1967
Effects of dietary protein levels on the *Saimiri*
sciureus.
Exp.Mol.Path., 7, 182-195

40. KING, G., 1975
Feeding and nutrition of the Callithricidae at the
Jersey Zoological Park.
Twelfth annual report. Extract from Yersey Wild-
life Preservation Trust, 1975
41. KINGSTON, W.R., 1969
Marmosets and Tamarins.
Lab. Anim. Handb., 4, 243-250
42. KINGSTON, W.R., 1977
The cost of developing and managing a marmoset
colony.
in: The Biology and Conservation of the Callithricidae.
(Ed.: Kleiman, D.G.), Smithsonian Institution Press,
pp. 239-249
43. KOFRANYI, E., 1980
Stickstoff-Umsatz.
in: Biochemie und Physiologie der Ernährung. (Eds.:
H.-D. Cremer, D. Hötzel, J. Kühnau), Georg Thieme
Verlag, Stuttgart, pp. 257-262
44. KOHRS, M.B., A.E. Harper and G.R. Kerr, 1976
Effects of a low protein diet during pregnancy
of the rhesus monkey.
I. Reproductive efficiency.
Am. J. Clin. Nutr., 29, 136-145
45. KROMBACH, F., 1981
Rohfaserwirkungen auf Passagerate und die Verdaulichkeit
von Energie, Rohfaser, Cellulose und Chitin
bei Krallenaffen.
Med. vet. Dissertation, München
46. LEHNER, N.D.M., B.C. Bullock, T.B. Clarkson and
H.B. Lofland, 1967
Biological activities of vitamins D₂ and D₃
for the growing squirrel monkey.
Lab. An. Care, 17, 483-493
47. LEHNER, N.D.M., B.C. Bullock and T.B. Clarkson, 1968
Ascorbic acid deficiency in the squirrel monkey.
Proc. Soc. Exp. Biol. Med., 128, 512-514
48. MACAPINLAC, M.P., G.H. Barney, W.N. Pearson and W.J.
Darby, 1967
Production of the zinc deficiency in the squirrel
monkey (*Saimiri sciureus*).
J. Nutr., 93, 499-510
49. MAGG, M., 1981
Die Verdaulichkeit von Milch- und Sojaproteinen bei
zwei Krallenaffenarten.
Med. vet. Dissertation, München

50. MANN, G.V., S.B. Andrus, A. McNally and F.J. Stare, 1953
Experimental atherosclerosis in cebus monkeys.
J. Exp. Med., 98, 195-217
51. MARTIN, D.P., 1978
Primates.
in: Zoo and Wild Animal Medicine. (Ed.: M.E. Fowler),
W.B. Saunders & Co., Philadelphia Pa., pp. 524-552
52. McINTOSH, G.H., W. Richmond and R.L. Hunsworth, 1981
Vitamin C deficiency and hypercholesterolaemia
in marmoset monkeys.
Nutr. Rept. Int., 2, 237-244
53. MITCHELL, H.H. und J.R. Beadles, 1952
The determination of the protein requirement of the
rat for maximum growth under conditions of restricted
consumption of food.
J. Nutr., 47, 133-145
54. MITCHELL, H.H., 1964
The wastage of nutrients in metabolism: protein
and amino acids.
in: Comparative nutrition of man and domestic
animals, 2, Academic Press, New York, 567-659
55. MUTH, D.H., P.H. Westwig, P.D. Whanger and J.E. Oldfield, 1971
Effect of feeding selenium-deficient rations to the
subhuman primate (*Saimiri sciureus*).
Am. J. Vet. Res., 32, 1603-1605
56. NAPIER, J.R. and P.H. Napier, 1967
A handbook of living primates.
Academic Press, New York
57. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1978
Nutrient requirements of nonhuman primates.
National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1978
58. NATIONAL RESEARCH COUNCIL, 1980
Recommended dietary allowances.
National Academy of Sciences, Washington, D.C., 1980
59. NAVIA, J.M., 1970
The preparation, use and nutrient stability of non-
human primate diets.
in: Feeding and Nutrition of Nonhuman Primates.
(Ed.: R.S. Harris), Academic Press, New York,
pp. 277-295
60. NELSON, M.M. and H.M. Evans, 1953
Relation of dietary protein levels to reproduction
in the rat.
J. Nutr., 51, 71-84

61. NEWBERNE, P.M. and K.C. Hayes, 1979
Semipurified diets for nonhuman primates.
in: Primates in Nutritional Research. (Ed.: K.C. Hayes), Academic Press, New York, pp. 99-119
62. NICOLOSI, R.J. and R.D. Hunt, 1979
Dietary allowances for nutrients in nonhuman primates.
in: Primates in Nutritional Research. (Ed.: K.C. Hayes), Academic Press, New York, pp. 11-37
63. NÖCKER, J. und H. Schulz, 1966
Ernährung und Leistung des Menschen.
in: Vergleichende Ernährungslehre des Menschen und seiner Haustiere (Hrsg.: A. Hock), Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, pp. 831-852
64. PETRY, H. und W. Rapp, 1971
Zur Problematik der Chromoxidbestimmung in Verdauungsversuchen.
Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde., 27, 181-189
65. PETRY, H. und H. Enders, 1974
Kritische Betrachtungen über die Zuverlässigkeit der im klassischen Verdauungsversuch und nach der Chromoxid-Indikatormethode bestimmten Verdauungskoeffizienten.
Z. Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde., 33, 88-98
66. POND, W.G., J.T. Yen and R.N. Lindvall, 1980
Early protein deficiency: effects on later growth and carcass composition of lean or obese swine.
J. Nutr., 110, 2506-2513
67. RAND, W.M., N.S. Scrimshaw and V.R. Young, 1977
Determination of protein allowances in human adults from nitrogen balance data.
Am. J. Clin. Nutr., 30, 1129-1134
68. RASMUSSEN, K.M., 1979
Folic acid needs for breeding and growth of non-human primates.
in: Primates in Nutritional Research. (Ed.: K.C. Hayes), Academic Press, New York, pp. 73-97
69. RASMUSSEN, K.M., K.C. Hayes and S.W. Thenen, 1982
Megaloblastic anemia and the requirement for folic acid in the cebus monkey (Cebus albifrons).
American Journal of Primatology, 2, 87-97

70. RINEHART, J.F. and L.D. Greenberg, 1956
Vitamin B₆ deficiency in the rhesus monkey with particular reference to the occurrence of atherosclerosis, dental caries and hepatic cirrhosis.
Am.J.Clin.Nutr., 4, 318-328
71. RIOPELLE, A.J., C.W.Hill, S.-C. Li, R.H. Wolf, H.R.Seibold and J.L.Smith, 1974
Protein deprivation in primates.
I. Nonpregnant adult rhesus monkeys.
Am.J.Clin.Nutr., 27, 13-21
72. RIOPELLE, A.J., C.W.Hill, S.-C. Li, R.H.Wolf, H.R. Seibold and J.L.Smith, 1975
Protein deficiency in primates.
IV. Pregnant rhesus monkey.
Am.J:Clin.Nutr., 28, 20-28
73. RIOPELLE, A.J. and R. Fabret, 1977
Protein deprivation in primates: XIII Growth of infants born of deprived mothers.
Hum.Biol., 49, 321-333
74. ROBINSON, M.F., J.M. McKenzie, C.D.Thomson and A.L. Van Rij, 1973
Metabolic balance of zinc, copper, cadmium, iron, molybdenum and selenium in young New Zealand women.
Brit.J.Nutr., 30, 195-205
75. ROGERS, Q.R. and J.G. Morris, 1980
Why does the cat require a high protein diet.
in: *Nutrition of the Dog and Cat.* (Ed.: R.S. Anderson), Pergamon Press, pp. 45-66
76. SAMONDS, K.W. and D.M. Hegsted, 1973
Protein requirements of young cebus monkeys.
Am.J.Clin.Nutr., 26, 30-40
77. SCHARRER, E. und H.Zucker, 1967
Untersuchungen über den Verzehrsrückgang bei proteinreicher Ernährung.
III. Veränderung der Aminosäurenresorptionsgeschwindigkeit durch Adaptation an eiweißreicher Ernährung.
Z. Tierphysiol., Tierernährg. und Futtermittelkd., 23, 169-180
79. SCHNEGG, A. and M.Kirchgessner, 1978
Ni deficiency and its effects on metabolism.
in: *Trace Element Metabolism in Man and Animals-3.* (Ed.: M.Kirchgessner), Arbeitskreis für Tierernährungsforschung Weihenstephan, pp. 236-243
80. SCRIMSHAW, N.W., 1964
Protein deficiency and infective disease.
in: *Mammalian protein metabolism.* (Eds.: H.N. Munro and J.B. Allison), 2, Academic Press, New York, pp. 569-592

81. SCRIMSHAW, N.S., 1976
An analysis of past and present recommended dietary allowances for protein in health and disease, Part 1.
New Engl.J.Med., 294, 136-142
82. SCRIMSHAW, N.S., R.Young and C.Garza, 1977
Reply to Dr. Hegsted (letter).
Am.J.Clin.Nutr., 30, 466-467
83. SIDDALL, R.A. 1978
The use of marmosets (*Callithrix jacchus*) in teratological and toxicological research.
Prim.Med., 10, 215-224
84. STRONG, J.P. and H.C. McGill, Jr., 1967
Diet and experimental atherosclerosis in baboons.
Am.J.Path., 50, 669-689
85. THORINGTON, R.W., 1970
Feeding behaviour of nonhuman primates in the wild.
in: Feeding and Nutrition of Nonhuman Primates.
(Ed.: R.S. Harris), Academic Press, New York,
pp. 15-27
86. TIPTON, I.H., P.S. Stewart and J.Dickson, 1969
Pattern of elemental excretion in long term balance studies.
Health.Phys., 16, 455-462
87. VITERI, F., M.Béhar, G.Arroyave and N.S. Scrimshaw, 1964
Clinical aspects of protein malnutrition.
in: Mammalian Protein Metabolism. (Eds.: H.N.Munro and J.B.Allison), 2, Academic Press, New York,
pp. 523-568
88. WAISMAN, H.A., A.F.Rasmussen, jr., C.A. Elvehjem and P.F. Clark, 1943
Studies on the nutritional requirements of the rhesus monkey.
J.Nutr., 26, 205-218
89. YOUNG, V.R., Y.S.M. Taylor, W.M. Rand and N.S. Scrimshaw, 1973
Protein requirements of man: Efficiency of egg protein utilization at maintenance and submaintenance levels in young men.
J.Nutr., 103, 1164-1174
90. ZUCKER, H., W-O. Habedank, L.Korndörfer und E.Scharrer, 1968
Untersuchungen über den Verzehrsrückgang bei proteinreicher Ernährung, 4. Mitteilung. Die intestinale Trypsinaktivität bei Probemahlzeiten nach unterschiedlicher Proteinadaptation.
Z.Tierphysiol., Tierernährg. u. Futtermittelkde., 23, 205-211

Herrn Prof.Dr.H. Zucker gilt mein besonderer Dank für die Überlassung des Themas und die jederzeit freundlich gewährte Unterstützung bei der Durchführung dieser Arbeit.

Danken möchte ich ferner Herrn Prof. Dr. F. Deinhardt für die Möglichkeit, Tierversuche im Max-von-Pettenkofer-Institut für Hygiene und Medizinische Mikrobiologie der Universität München durchführen zu können.

Frau Dr. R. Scheid und Frau Dr. C. Flurer sei herzlich gedankt für die betreuende, tatkräftige Zusammenarbeit bei den Tierversuchen und die vielen, wertvollen Hinweise, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Herrn Prof.Dr. K. Horn gilt mein Dank für die in der Medizinischen Klinik Innenstadt München durchgeführten Blutanalysen.

Herrn Prof.Dr.Dr. K. Osterkorn danke ich für die freundliche Hilfe bei der statistischen Auswertung der Arbeit.

Schließlich gilt mein Dank allen weiteren Institutsmitarbeitern, die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben.

LEBENS LAUF

Renate Schoen	geboren am 22. März 1954 in Bonn
Eltern	Manfred Schoen, Dipl.-Ing. Erna Schoen, geb. Friedlein, Hausfrau
Schul Ausbildung	1960-1964 an der Grundschule am Baumschulwäldchen in Bonn 1964-1965 am Clara-Schumann-Gym- nasium in Bonn 1965-1973 am Luise-Gymnasium in München
Universitätsausbildung	1973-1974 Architekturstudium an der Technischen Universität München 1974-1980 Studium der Tiermedi- zin an der Ludwig-Maximilians- Universität München April 1980 Approbation als Tier- ärztin September 1980 Beginn der Doktor- arbeit am Institut für Physiolo- gie und Physiologische Chemie und Ernährungsphysiologie der Tier- ärztlichen Fakultät der Universi- tät München März 1981 Einstellung als wissen- schaftliche Hilfskraft

